

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea Magistrale in Scienze di Internet

LA RESILIENZA ORGANIZZATIVA IN
CONTESTI AD ELEVATA COMPETIZIONE:
ASPETTI TEORICI ED EVIDENZE EMPIRICHE
ATTRAVERSO ANALISI DELLE RETI

Tesi di Laurea in Analisi delle Reti Sociali

Relatore:
Chiar.mo Prof.
MARCO RUFFINO

Presentata da:
MARCO PANTALONE

Terza Sessione
Anno Accademico 2011/2012

Introduzione

Viviamo un'epoca turbolenta caratterizzata da crisi economiche, politiche, ambientali, mutamenti climatici, rivoluzioni nei rapporti sociali dovute all'avvento del Web 2.0. In questo contesto di fortissimi stress e repentini mutamenti, quali sono i fattori determinanti della sopravvivenza di una struttura organizzata o del suo fallimento? Il fattore chiave nel determinare il successo o il fallimento di tali strutture è la resilienza. Nella sua accezione scientifica in concetto di resilienza è *definito come l'energia per unità di volume assorbita da un materiale durante la **deformazione elastica*** (www.wikipedia.org), ovvero indica la capacità di un materiale di resistere alle sollecitazioni e ripristinare la propria forma e le proprie caratteristiche. Allo stesso modo una parte della letteratura interpreta il concetto di resilienza come la capacità di rispondere ad improvvise situazioni avverse o di stress, rimbalzando e tornando al proprio stato originale. Quando la resilienza viene vista sotto questa luce, si tende ad enfatizzare le strategie atte a combattere queste situazioni ed a ripristinare, nel più breve tempo possibile, la situazione originale: possiamo quindi affermare come, analizzata da questo punto di vista, la resilienza è rebound-oriented e legata ai concetti di durezza e robustezza [3]. Negli ultimi anni si sta affermando sempre più una seconda corrente di letteratura, la quale afferma che il concetto di resilienza non debba essere unicamente legato a quello di ripristino della situazione precedente, ma anzi debba essere più orientato allo sviluppo di nuove abilità ed alla capacità di tenere il passo dei cambiamenti, utilizzando le situazioni di stress come stimolo evolutivo ed occasione per creare nuove opportunità. Questa nuova prospettiva sta assumendo una importanza tale che molti studiosi e ricercatori di varie discipline scientifiche hanno creato una rete di collaborazione globale chiamata Resilience Alliance. In accordo con quanto detto prima secondo la Resilience Alliance la resilienza è: *the ability to absorb disturbances, to be changed and then to re-organise and still have the same identity (retain*

the same basic structure and ways of functioning). It includes the ability to learn from the disturbance. A resilient system is forgiving of external shocks. As resilience declines the magnitude of a shock from which it cannot recover gets smaller and smaller. Resilience shifts attention from purely growth and efficiency to needed recovery and flexibility. Growth and efficiency alone can often lead ecological systems, businesses and societies into fragile rigidities, exposing them to turbulent transformation. Learning, recovery and flexibility open eyes to novelty and new worlds of opportunity (www.resalliance.org). Se analizziamo la resilienza utilizzando questa chiave di lettura non si deve più ragionare nell'ottica di ripristinare il proprio stato precedente, ma bisogna ri-organizzarsi rispondendo alle sfide ed agli stimoli mantenendo la propria identità, ovvero conservando la stessa struttura di base e lo stesso modo di funzionare. Andremo ora ad analizzare come vengono declinati questi diversi punti di vista sullo stesso concetto in analisi delle reti.

Indice

1	Resilienza: robustezza e capacità di evolversi	13
1.1	Robustezza	13
1.1.1	Robustezza statica e tolleranza ad errori ed attacchi . .	14
1.1.2	Robustezza dinamica: fallimenti a cascata	17
1.1.3	Robustezza delle reti e loro forma: topologie resilienti .	20
1.2	La resilienza come capacità di evolversi	23
1.2.1	Resilienza ed apprendimento organizzativo in analisi delle reti	24
1.3	Differenze tra i diversi approcci alla resilienza	26
2	Resilienza organizzativa: un caso di studio	29
2.1	La scelta del caso di studio	29
2.2	La costruzione del modello: dal campo alla rete	34
2.3	Analisi del modello: rottura e resilienza	38
2.3.1	Il punto di rottura: la squadra cambia modulo	39
2.3.2	Reazione al cambiamento: elementi di resilienza	48
3	Modelli stocastici per le dinamiche di rete basati sugli attori	61
3.1	Assunti di base	61
3.1.1	Il modello di determinazione dei cambiamenti	64
3.2	Problematiche legate all'applicazione e sviluppi futuri	67

Elenco delle figure

1.1	Frammentazione di una rete esponenziale in caso di attacchi e fallimenti casuali. [17]	15
1.2	Lunghezza del cammino più breve L e l'efficienza globale E come funzione della frazione di nodi rimossa f per una rete ER ed una rete ad invarianza di scala BA, entrambe con $N = 5000$ e $K = 10000$. [2]	17
1.3	Fallimenti a cascata in reti omogenee. [18]	19
1.4	Topologie di rete prese in considerazione nel lavoro di Gutfraind. [10]	21
1.5	Livello di fitness di ciascuna topologia di rete per $r = 0.51$ [18]	22
2.1	Caratteristiche principali del caso di studio e diversi ambiti di applicazione	31
2.2	Degree centrality difesa GT3	40
2.3	Varianza difesa GT3	41
2.4	Degree centrality centrocampo GT3	42
2.5	Degree centrality attacco GT3	43
2.6	Difesa - attacco GT3	45
2.7	Scatterplot degree centrality	46
2.8	Densità GT0	51
2.9	Densità Ruoli GT0	54
2.10	Densità ruoli per dicotomizzazioni maggiori	56
2.11	Distanza geodetica dei percorsi più forti	59

Elenco delle tabelle

1.1	Differenze tra i diversi approcci alla resilienza	26
2.1	Dal campo alla rete 1	36
2.2	Dal campo alla rete 2	37
2.3	Degree centrality dei reparti	43
2.4	Differenza tra difesa ed attacco	44
2.5	Confronto tra la partita Dynamo - Inter e le medie globali . .	47
2.6	Confronto tra medie globali e primo e secondo tempo di Dy- namo - Inter	47
2.7	Densità GT0	50
2.8	Densità ruoli GT0	53
2.9	Densità ruoli per dicotomizzazioni maggiori	55
2.10	Distanza geodetica dei percorsi più forti	58

Capitolo 1

Resilienza: robustezza e capacità di evolversi

1.1 Robustezza

La robustezza indica la capacità di una rete di evitare malfunzionamenti quando parte dei propri nodi viene danneggiata. Ovviamente questa proprietà ha degli immediati risvolti pratici e riguarda qualsiasi tipo di processo che viene svolto sulla rete, non è quindi un caso che questo sia stato uno dei primi argomenti ad essere studiati ed approfonditi nell'ambito delle reti complesse: basti pensare alle implicazioni pratiche su reti di vaste dimensioni come Internet, il World Wide Web o le reti elettriche, tutte strutture per cui essere resilienti ad attacchi o guasti casuali assume una notevole importanza. Queste tipologie di rete possono andare incontro a due diversi tipi di problemi di robustezza: uno di tipo statico che prende in esame la rimozione di nodi della rete senza tener conto della necessità di dover ridistribuire ciò che quei nodi stavano trasportando nella rete; al contrario il secondo tipo problema deve necessariamente tener conto della redistribuzione delle quantità distribuite nella rete, ad esempio se un router dovesse avere un guasto i pacchetti che stava veicolando devono essere trasportati su percorsi alternativi.

1.1.1 Robustezza statica e tolleranza ad errori ed attacchi

La tolleranza statica è la capacità di una rete di mantenere le proprie caratteristiche di connettività anche dopo la rimozione di una frazione f dei propri nodi. Nel caso di errori la rimozione dei nodi avviene casualmente, gli attacchi invece prendono di mira determinate classi di nodi, in particolar modo i nodi altamente connessi. Questo tipo di situazione può essere esaminata analiticamente utilizzando la teoria della percolazione, termine che indica il fenomeno fisico del lento passaggio di un liquido attraverso una superficie porosa. Un processo di percolazione può riguardare sia i nodi, in tal caso un nodo viene considerato libero con una data probabilità f oppure occupato con probabilità $(1 - f)$, oppure i vertici, in tal caso si prende in considerazione l'esistenza o meno di un vertice tra due nodi scelti arbitrariamente. In questo tipo di studi generalmente si tiene conto dell'esistenza e della dimensione di una componente gigante, ovvero una componente connessa che contiene una frazione costante del totale dei vertici della rete, come funzioni di f e la dimensione media e le fluttuazioni nella dimensione media delle componenti finite. I primi studi sulla robustezza di una rete complessa si concentravano sui cambiamenti delle proprietà di Internet o del World Wide Web nel momento in cui veniva rimossa una frazione f dei nodi che componevano le reti, sia in maniera casuale, per simulare gli errori, sia andando in ordine decrescente del loro grado k per simulare gli attacchi. Secondo lo studio di Albert et al. [17] sia Internet che il World Wide Web sono reti complesse in cui il grado dei nodi ha una distribuzione che segue una legge di potenza del tipo $P(k) \sim k^{-\gamma}$ dove $P(k)$ è la probabilità che un nodo abbia grado k . Questo tipo di reti ha una elevata resistenza agli errori e si comporta in maniera differente dalle reti randomicamente generate di Erdős-Rényi (ER). Albert ha studiato due reti con un numero di nodi $N = 10000$ e 20000 legami, i cui nodi hanno un grado medio $k = 4$. Come possiamo vedere nella figura 1.1, la rete ER generata con queste caratteristiche sia in caso di attacco che in caso di errori ha una soglia critica tale che per ogni $f > f_c \simeq 0.28$, dove f è la

frazione di nodi eliminata, allora la dimensione della componente gigante S , misurata come frazione della dimensione totale del sistema, è $S \simeq 0$ ovvero la componente gigante sparisce. Anche la dimensione media s dei cluster isolati del sistema segue un simile andamento, s aumenta rapidamente fino a raggiungere $s \simeq 2$ per $f_c \simeq 0.28$, per poi tornare a decrescere fino a $s \simeq 1$. Ciò accade perchè per valori piccoli di f si isolano solo singoli nodi, $s \simeq 1$, ma all'aumentare di f la dimensione delle componenti isolate aumenta fino a raggiungere $f \simeq 0.28$, punto al cui il sistema si spezza portando a $S \simeq 0$ ed al picco nella dimensione delle componenti isolate.

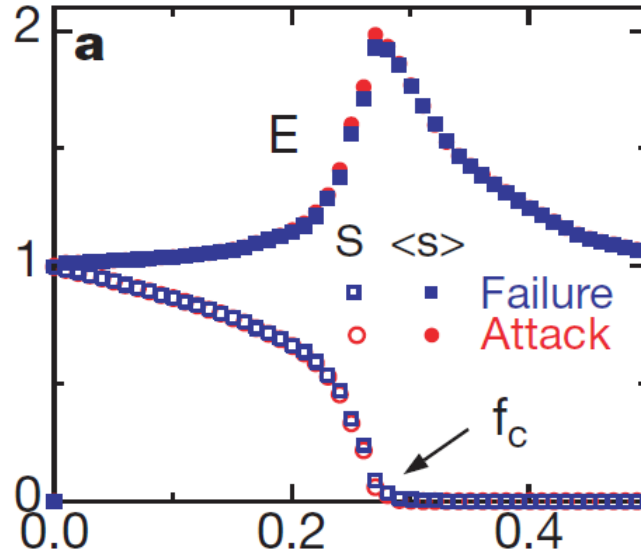


Figura 1.1: Frammentazione di una rete esponenziale in caso di attacchi e fallimenti casuali. [17]

Come già detto, la reazione delle reti ad invarianza di scala ad attacchi ed errori è alquanto differente. Infatti in caso di errori non ci sono valori soglia di f che portano alla frammentazione del sistema, ma si osserva soltanto una diminuzione nella dimensione della componente gigante. È anche interessante notare come, per la maggior parte dei valori di f , $s \simeq 1$ indica come la rete perda dei nodi ad uno ad uno invece che cluster di nodi come

avviene nelle reti ER. In contrasto alle conseguenze catastrofiche che si verificano nelle reti ER per $f \simeq 0.28$ le reti ad invarianza di scala mantengono un cluster coeso di grandi dimensioni mettendo in evidenza la grande stabilità di questo tipo di reti; infatti questo comportamento coeso si mantiene fino a valori estremamente alti di f in cui la componente gigante viene completamente consumata. Anche la risposta agli attacchi differisce, ma in questo caso in peggio: seppur l'andamento rimane simile a quello delle reti ER la risposta delle reti ad invarianza di scala agli attacchi è più repentina ed il sistema si disgrega per ogni $f > f_c \simeq 0.18$, valore minore rispetto a quello delle reti ER, il che indica la maggiore vulnerabilità di questo tipo di network ad attacchi mirati ai nodi col grado più alto. Sia Internet che il WWW sono approssimabili a reti ad invarianza di scala con distribuzione di probabilità rispettivamente $P(k) \sim k^{-2.48}$ e $P(k) \sim k^{-2.45}$, entrambe mostrano una elevata resistenza agli errori, mentre si rivelano particolarmente vulnerabili agli attacchi mirati con valori di soglia, in caso di attacco, pari a $f_c \simeq 0.03$ e $f_c \simeq 0.067$.

Un altro studio interessante è quello di Crucitti [16], che ha analizzato l'efficienza delle reti ad invarianza di scala e delle reti ER sia in caso di errore, sia in caso di attacco. Come è possibile apprezzare in fig. 1.2, entrambi i tipi di rete mantengono invariata la propria efficienza fino alla rimozione del 2% dei nodi della rete in modo casuale. D'altro canto, al contrario delle reti ER, anche per quanto riguarda l'efficienza le reti ad invarianza di scala sono estremamente vulnerabili ad attacchi mirati ai nodi con il grado k più elevato.

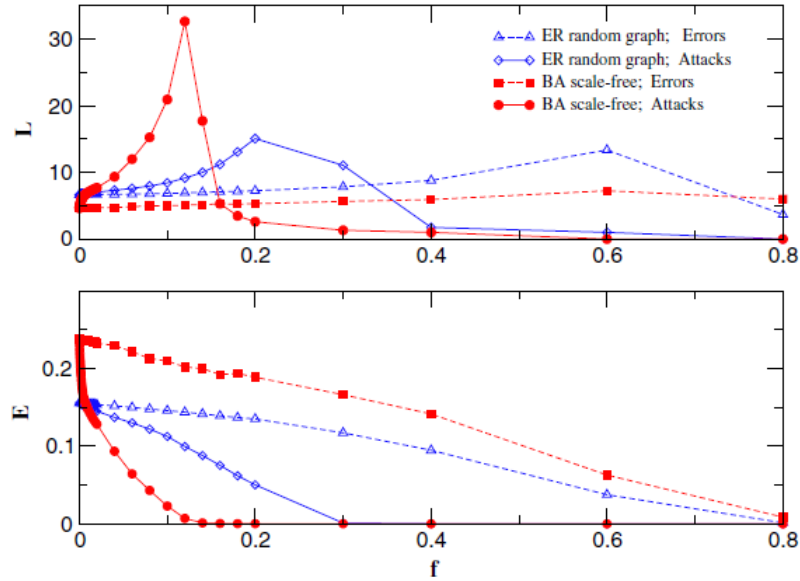


Figura 1.2: Lunghezza del cammino più breve L e l'efficienza globale E come funzione della frazione di nodi rimossa f per una rete ER ed una rete ad invarianza di scala BA, entrambe con $N = 5000$ e $K = 10000$. [2]

1.1.2 Robustezza dinamica: fallimenti a cascata

Un alto numero di “guasti” in una rete può essere un problema molto grave quando i nodi ed i legami della rete in questione sono sensibili ai sovraccarichi. Ad esempio in una rete elettrica ogni nodo è responsabile di veicolare una certa quantità di energia: in casi simili la rimozione di un nodo, sia a causa di un errore o di un guasto sia a causa di un attacco, influisce sull'equilibrio totale dei flussi veicolati dalla rete portando ad una loro ridistribuzione che, in caso di sovraccarichi, può scatenare una vera e propria serie di fallimenti a cascata in altri nodi. Questo è il caso dei grandi black out degli Stati Uniti del 1996 e del 2003, entrambi causati da piccoli guasti che si sono ripercossi a valanga sull'intera rete elettrica americana. Motter e Lai [18] hanno proposto un modello per i sovraccarichi a cascata che mostra come anche solo una piccola frazione di nodi ad alto carico possano causare un sovraccarico dell'intera rete in caso di distribuzione eterogenea dei carichi

tra i nodi della rete. Il modello di Motter e Lai si basa sull'idea che ogni trasferimento tra coppie di nodi avviene seguendo il percorso più breve che li unisce; inoltre il carico di un nodo i al tempo t è considerato essere pari alla betweenness $b_i(t)$ del nodo stesso. Ogni nodo è inoltre caratterizzato dalla sua capacità di carico, per cui un nodo non andrà in sovraccarico fin quando è soddisfatta $b_i(t) \leq C_i$. La capacità di un nodo viene considerata proporzionale al carico iniziale del nodo stesso: $C_i = \alpha * b_i(t = 0)$, $\forall i = 1, 2, \dots, N$ dove N è il numero totale di nodi della rete e $\alpha \geq 1$ è considerato un parametro di tolleranza della rete, per garantire che al tempo 0 non ci siano sovraccarichi e la rete funzioni correttamente. La rimozione di una piccola quantità di nodi o anche di un singolo nodo simula il guasto di un router di Internet o di una stazione elettrica, dando il via alla redistribuzione dinamica dei carichi nella rete. La rimozione dei nodi causa una variazione nei percorsi geodetici tra gli altri nodi e, di conseguenza, nella distribuzione dei carichi tra i nodi stessi causando così nuovi sovraccarichi. I nuovi nodi sovraccarichi vengono quindi rimossi ed il processo di redistribuzione dei carichi continua fino a quando, al tempo t' non viene soddisfatta la condizione $b_i(t') \leq C_i$ per ogni nodo i appartenente alla rete. Il danno causato dai sovraccarichi a cascata viene calcolato in base alla grandezza relativa della componente gigante $G = S'/S$ della rete risultante, dove S e S' sono il numero dei nodi appartenenti alla componente gigante prima e dopo la simulazione.

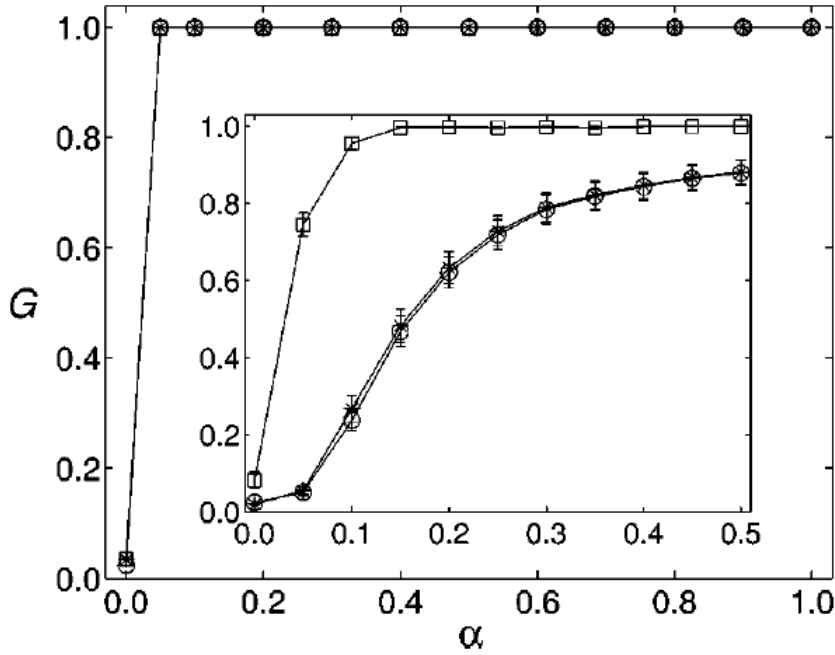


Figura 1.3: Fallimenti a cascata in reti omogenee. [18]

La figura 1.3 mostra i risultati della simulazione in funzione del parametro di tolleranza α per una rete ad invarianza di scala con distribuzione eterogenea dei carichi e degree medio $k = 3$ ed una rete ER con distribuzione omogenea dei carichi, entrambe con $N = 5000$ nodi. La rete omogenea non ha fallimenti a catena dovuti ad attacchi o errori per valori di α molto piccoli, fino a $\alpha = 0.05$, mentre per lo stesso valore le reti a distribuzione eterogenea dei carichi subiscono una perdita di circa il 10% nella dimensione di G portando alla conclusione che le reti a distribuzione omogenea dei carichi risultano maggiormente resistenti ad attacchi mirati ai nodi con la maggiore connettività o col maggior carico. Dal momento che nelle reti eterogenee la rimozione di un singolo nodo ha la capacità di innescare sovraccarichi a cascata con effetti disastrosi sull'intera rete, si impone di trovare metodi per ridurre gli effetti di errori ed attacchi su questo tipo di reti. Spesso, però, l'unica soluzione economicamente praticabile al sovraccarico di alcuni nodi in una rete è quella di staccare ulteriore di nodi e collegamenti; infatti me-

todi alternativi di difesa come il ripristino dei collegamenti o l'aggiunta di nuovi nodi e collegamenti avrebbe dei costi sia di risorse che di tempo troppo elevati. Motter ha inoltre mostrato [19] come una strategia di difesa basata sulla rimozione selettiva di nodi e vertici dopo l'attacco o l'errore iniziale, ma prima della propagazione dei sovraccarichi, può costituire un efficace misura di difesa. La dimensione dell'effetto a cascata può essere drasticamente ridotta con la rimozione intenzionale di nodi con basso carico e/o di vertici con molto carico in eccesso; nonostante qualsiasi rimozione aumenta sempre il danno iniziale alla rete, la componente gigante G della rete risultante sarà molto più grande rispetto a quella di reti senza difesa.

1.1.3 Robustezza delle reti e loro forma: topologie resilienti

I fallimenti a cascata, come abbiamo appena visto, possono provocare conseguenze catastrofiche in moltissimi domini: nelle reti elettriche, in reti di collegamento come Internet o il World Wide Web, in casi di diffusione di epidemie. Un caso estremo e molto interessante di rete sensibile ai fallimenti a cascata riguarda le reti criminali o terroristiche, in cui vi è una estrema vulnerabilità al fallimento anche di un solo nodo, che può ad esempio collaborare con la polizia per distruggere l'intera rete. Proprio per questo motivo le reti criminali sono progettate per lavorare in condizioni di estrema pressione da parte dei fallimenti a cascata, diventando così interessante materia di studio per reti resistenti ai fallimenti a cascata grazie alla loro topologia. La struttura classica di questo tipo di reti prevede la presenza di celle strettamente connesse tra di loro e poco connesse con il resto della rete, isolando il più possibile il rischio all'interno delle singole celle. Gutfraind ha condotto uno studio molto interessante [10] su varie organizzazioni clandestine al fine di individuare una topologia di rete che, da sola, bastasse a garantire una buona resistenza ai fallimenti a cascata.

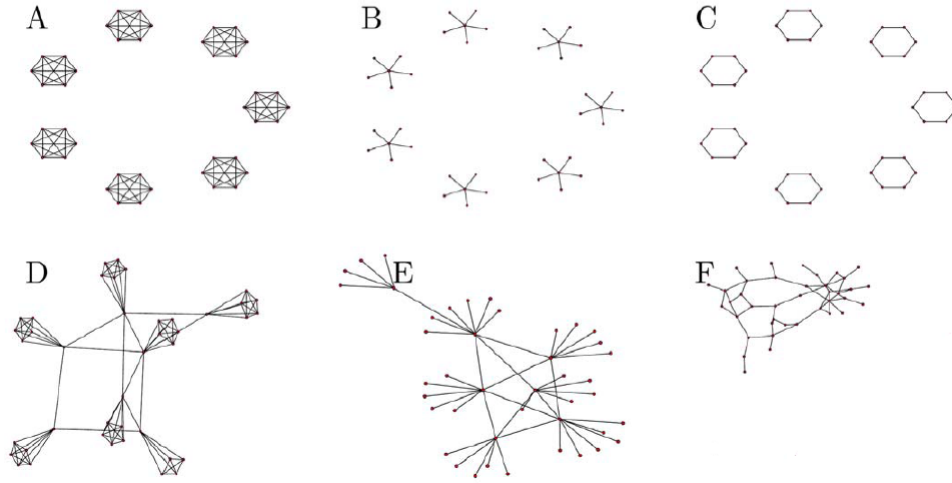


Figura 1.4: Topologie di rete prese in considerazione nel lavoro di Gutfraind. [10]

La qualità delle diverse topologie di rete viene misurata in base alla resilienza della rete $R(G)$, definita come frazione di nodi della rete che resiste ai fallimenti a cascata, ed in base all'efficienza della rete $W(G)$, misurata sulla distanza geodetica di tutte le coppie di nodi della rete. Queste misure vengono poi aggregate tramite un peso r per andare a formare una misura globale dell'efficacia della rete in caso di fallimenti a cascata: $F(G) = rR(G) + (1 - r)W(G)$. Il peso r rappresenta il costo globale di ripristino della rete e varia da $r = 0$ nei casi in cui non vi è nessun costo di ripristino a $r = 1$ in caso di costi di ripristino estremamente alti. Gutfraind ha preso in considerazione un set di topologie classiche, visibili in fig. 1.4, ed un set di reti reali, che include reti di comunicazione e reti criminali (come le celle responsabili degli attacchi al World Trade Center di New York e degli attentati di Madrid del 2004) per individuare per ognuna delle reti reali quale fosse la topologia che ne massimizzasse l'efficacia. La simulazione dei fallimenti a cascata viene effettuata utilizzando il modello SIR (susceptible-infected-recovered) in cui ogni nodo che viene “catturato” infetta, causandone il fallimento, ognuno dei vicini, ovvero tutti i nodi a distanza 1, con probabilità τ . La parte più interessante dello studio di Gutfraind è

sicuramente la seconda, in cui compara le diverse topologie di rete, ognuna impostata con i propri valori ottimali, per individuare quale, tra esse, presenta la migliore efficacia in caso di fallimenti a cascata.

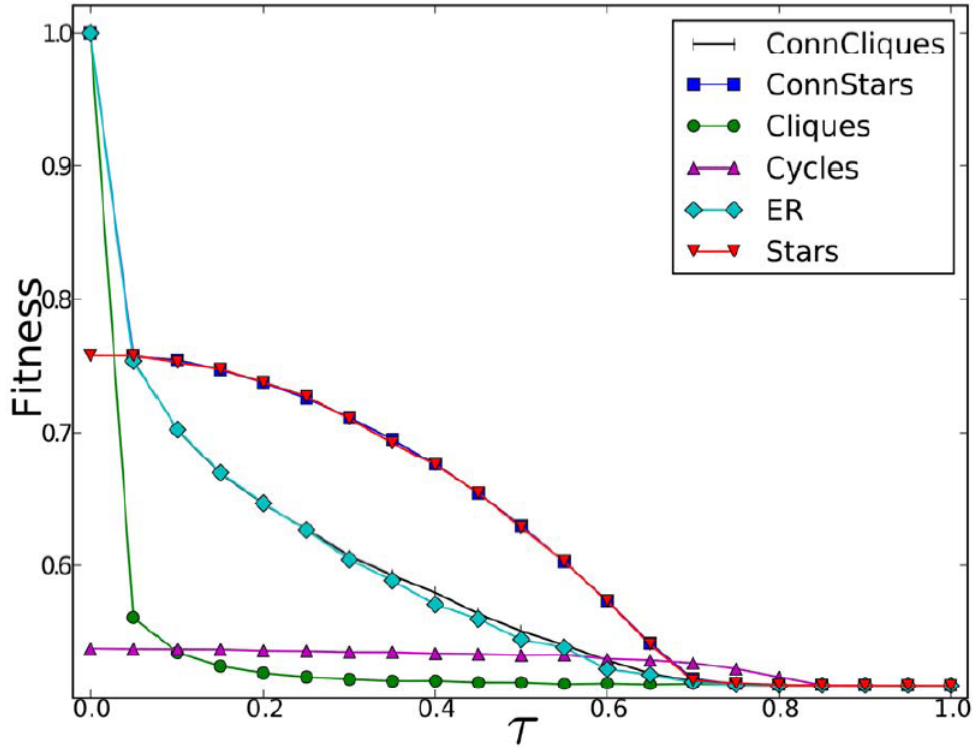


Figura 1.5: Livello di fitness di ciascuna topologia di rete per $r = 0.51$ [18]

Il grafico in figura 1.5 mostra innanzitutto come al crescere di τ l'efficacia delle reti decresce indipendentemente dalla topologia che si sceglie, a dimostrare che l'effetto cascata non può essere fermato, ma solo rallentato e posticipato. La topologia di rete che offre la migliore efficacia è quella a stelle connesse, molto simile è il comportamento della topologia a stelle disconnesse che solo per alti valori di τ ha un comportamento peggiore. Il successo delle topologie a stella è dovuto al fatto che il nodo centrale agisce come blocco per i fallimenti a cascata mantenendo una distanza media tra i nodi sufficientemente bassa. Le altre topologie di rete diventano più efficaci solo indagando valori di r più bassi, riducendo l'importanza della resilienza della

rete e rendendo primaria la necessità di avere una rete efficiente: solo per simili valori le topologie a cricche e cricche connesse riescono a competere con le topologie a stella dal momento che nel caso migliore le topologie a cricca possono essere totalmente connesse raggiungendo una efficienza $W(G) = 1$, mentre nel caso migliore le topologie a stella hanno efficienza $W(G) \sim 0.5$, nel caso di un'unica grande stella.

1.2 La resilienza come capacità di evolversi

Abbiamo già detto come la resilienza possa essere vista non solo come robustezza, ma anche e soprattutto come elasticità e capacità, nelle avversità, di cogliere le occasioni che si presentano ed evolvere riuscendo a sopravvivere alla situazioni di stress sviluppando nuove capacità pur mantenendo intatta la propria identità. La capacità di un'organizzazione di essere resiliente risiede da un lato in una serie di conoscenze, capacità ed abilità degli individui, dall'altro in una serie di routine e procedure che orientano un'organizzazione e le permettono di superare indenne le conseguenze, potenzialmente distruttive, di uno shock improvviso. La relazione tra la resilienza dell'individuo e quella dell'organizzazione riflettono un'interazione di tipo sistema-sottosistema; le capacità a livello organizzativo non sono la semplice somma delle capacità individuali, le azioni degli individui si inseriscono in una complessa rete sociale all'interno della quale, grazie anche alle interazioni tra gli individui, riescono a sviluppare e mettere in atto la capacità di essere resilienti anche a livello di organizzazione. Un esempio di resilienza individuale può sicuramente essere il protagonista della famosa serie televisiva MacGyver che, grazie ad un coltellino svizzero, a pochi oggetti di uso comune e ad una spiccata inventiva e capacità di pensare al di fuori degli schemi, riusciva a tirarsi fuori dalle situazioni più complicate ed uscirne più forte facendo tesoro delle esperienze vissute. Individui resilienti non sono però sufficienti alla costruzione di una organizzazione resiliente, formare una squadra di MacGyver non basta né a garantire che la squadra sia resiliente né a garantirne la sopravvivenza agli

stress esterni. La resilienza organizzativa va costruita tramite una buona gestione degli individui e la costruzione di un sensemaking comune. Per entrare nel corpo militare dei Navy SEAL bisogna sopravvivere a 27 settimane di quello che è probabilmente il più duro addestramento militare al mondo sia dal punto di vista fisico che mentale. Le prove a cui i candidati vengono sottoposti includono settimane di indottrinamento e studio intensivo di tutte le procedure del corpo per poi proseguire con degli allenamenti che portano al limite estremo il fisico delle reclute che includono sessioni di nuoto con mani e piedi legati o in acque ghiacciate, cinque giorni e mezzo di allenamento con sole 4 ore di sonno etc. Nonostante tutto ciò possa sembrare anche esagerato serve a darci una buona idea di come può un'organizzazione preparare i nuovi membri costruendo in loro la capacità di adattarsi e rispondere a situazioni nuove e inattese. L'addestramento a cui vengono sottoposti i Navy SEAL non serve unicamente a costruire degli ottimi soldati, costruisce un'esperienza che lega in maniera indissolubile ogni recluta: vivono insieme, vengono sottoposti alle stesse prove in modo tale che anche nel momento in cui si troveranno sul campo di battaglia saranno abituarsi ed agire come fossero un tutt'uno. Andremo ora a vedere se e come è possibile rintracciare questi elementi di apprendimento delle organizzazioni tramite l'analisi delle reti.

1.2.1 Resilienza ed apprendimento organizzativo in analisi delle reti

Una prospettiva interessante sulla capacità degli individui di costruire all'interno di una organizzazione la capacità di resistere agli stress esterni con comportamenti resilienti può essere rintracciata nelle differenze, rintracciabili grazie all'analisi delle reti, tra la struttura ufficiale di una organizzazione e quella informale, ovvero tra come istituzionalmente dovrebbe avvenire il passaggio di informazioni nell'organizzazione e come invece questo passaggio avviene a livello informale. Questo tipo di analisi ci permette di studiare i comportamenti controintuitivi degli individui all'interno dell'organizzazione, un comportamento che implica tutte quelle caratteristiche di cui un'organiz-

zazione ha bisogno per resistere indenne a shock improvvisi ed uscirne rafforzata ed in qualche modo anche migliorata e più forte: pensare fuori dagli schemi, attuare azioni ed ottenere informazioni più velocemente, migliorare i tempi di reazione ad eventi traumatici. I lavori di Rank [5] e Kratzer [11] si occupano proprio del rapporto tra struttura formale ed informale delle organizzazioni: il primo si occupa dei manager di due multi-nazionali con sede in Germania che si occupano rispettivamente di prodotti chimici e di prodotti petroliferi, il secondo invece si occupa di collaborazioni scientifiche in progetti multidisciplinari e multimodulari. Il lavoro di Kratzer, oltre ad analizzare le differenze tra struttura ufficiale e struttura emergente, offre anche l'analisi del passaggio dalla fase di sviluppo dei singoli moduli alla fase di integrazione dei moduli stessi, fornendoci un interessante punto di vista sul passaggio da una situazione standard (lo sviluppo dei singoli moduli) ad una di maggiore stress in cui i singoli moduli dovevano essere integrati tra di loro. Entrambi gli studi mostrano come le strutture informali abbiano un maggiore numero di legami tra i nodi, rivelando quindi una maggiore densità nel flusso delle informazioni e, di conseguenza, un numero di relazioni tra gli individui maggiore rispetto a quello pensato dalla struttura formale dell'organizzazione. Il secondo risultato comune riguarda le distanze geodetiche tra i nodi delle reti prese in analisi: tutte le reti informali presentano distanze più brevi tra i nodi rispetto alle strutture ufficiali. Questo aspetto indica come nelle reti informali vi sia la possibilità di distribuire le informazioni in modo più veloce, inoltre distanze ridotte tra i nodi indicano tempi di reazione ridotti degli individui nella rete. L'analisi di Kratzer nel passaggio dalla fase di sviluppo dei moduli a quella di integrazione mostra come la struttura ufficiale si modifichi adattandosi a quella informale, lo stress del passaggio da una fase all'altra porta la struttura ufficiale ad aumentare la propria densità ed a diminuire le distanze tra i nodi. I comportamenti delle strutture formali ed emergenti presentati dai due studi conferma come la resilienza organizzativa non può essere ottenuta dai singoli membri della organizzazione, ma deve diventare una proprietà dell'organizzazione stessa che le possa permettere di cambiare

ed evolversi pur mantenendo la propria identità e le proprie caratteristiche funzionali.

1.3 Differenze tra i diversi approcci alla resilienza

Abbiamo visto nei precedenti paragrafi come la resilienza di una struttura, organizzazione o rete possa essere analizzata da due diversi punti di vista anche abbastanza distanti tra di loro. Il primo, che vede la resilienza come sinonimo di robustezza prevede un approccio analitico, orientato allo studio statico delle strutture, della loro topologia e delle loro vulnerabilità. Al contrario l'approccio che vede la resilienza come la capacità di una organizzazione di sopravvivere agli stress ed usare le conoscenze ed esperienze maturate per evolversi mantenendo invariate l'identità e le caratteristiche funzionali dell'organizzazione.

La resilienza come...	Adatto a...	Dimensione delle reti	Orientato a...
Robustezza	Grandi infrastrutture, reti di comunicazione	Numero di nodi e vertici nell'ordine delle migliaia	Struttura statica della rete, fallimenti a cascata
Sopravvivenza ed evoluzione	Organizzazioni con capitale umano	Adatto anche alle reti di piccole dimensioni	Struttura ed organizzazione delle relazioni tra attori

Tabella 1.1: Differenze tra i diversi approcci alla resilienza

Non è possibile giudicare a priori se uno dei due approcci sia migliore rispetto all'altro: entrambi sono molto validi e l'utilizzo di uno o l'altro deve essere ponderato sulla base del dominio del quale si deve analizzare la resilien-

za. Il primo è sicuramente adatto a reti che mappano grandi infrastrutture come possono essere una rete elettrica, il web oppure reti sensibili ai fallimenti a catena che possono modellare la diffusione di malattie endemiche o le grandi organizzazioni criminali. Il secondo approccio invece è più orientato a strutture di tipo socio-economico, in cui bisogna porre l'accento sulle relazioni che intercorrono tra gli attori del modello e sulla loro capacità, sia come individui che come parte di un'organizzazione di creare conoscenze, capacità ed abilità in grado di rendere l'organizzazione resiliente e capace di evolversi a partire da situazioni di repentini shock e cambiamenti mantenendo intatta sia la propria identità sia le proprie caratteristiche funzionali.

Capitolo 2

Resilienza organizzativa: un caso di studio

Nel prossimo capitolo descriveremo tutto ciò che concerne la parte empirica del nostro lavoro. Partiremo quindi dalla genesi, ovvero dalla scelta del caso di studio e dalla ratio che si trova dietro quella scelta. In secondo luogo descriveremo il modello costruito e tutte le scelte fatte nella costruzione dello stesso per ottenere un risultato finale il più coerente possibile con la realtà. Infine andremo ad applicare una serie di misure al modello allo scopo di studiarne le proprietà di resilienza e presenteremo le conclusioni a cui i risultati del lavoro empirico ci hanno condotto.

2.1 La scelta del caso di studio

Come abbiamo già visto nel primo capitolo, gli ambiti di applicazione di studi sulla resilienza sono davvero vasti e spaziano tra argomenti spesso anche molto distanti tra di loro. Data la vastità delle possibilità di scelta, abbiamo quindi deciso di concentrare la nostra attenzione su un'area che fosse compatibile con i nostri interessi e le nostre passioni: abbiamo quindi scelto di indagare in ambito sportivo, in particolar modo in ambito calcistico. Ma la passione per lo sport non è il solo motivo che ci ha spinto a questa scel-

ta: ve ne è infatti un altro di altrettanta importanza. Utilizzare un evento sportivo di enorme importanza a livello mondiale ci ha permesso di ottenere con estrema facilità tutti i dati e le informazioni di cui avevamo bisogno per costruire il modello su cui abbiamo operato. Tutte le informazioni e le immagini delle partite sono disponibili e facilmente reperibili in rete; al contrario lavorare in un ambito diverso, ma con le stesse caratteristiche come ad esempio quello economico, avrebbe avuto dei costi elevati sotto forma di difficoltà nel reperire tutto ciò di cui avevamo bisogno: avremmo dovuto trovare un'azienda disponibile a farci compiere la nostra indagine ed avremmo poi dovuto intervistarne i dipendenti per ottenere i dati di cui avremmo avuto bisogno per la costruzione del modello. Compiendo una scelta diversa invece siamo stato in grado di compiere un lavoro di analisi stimolante per i nostri interessi, costruito su dati facilmente reperibili, ma che, allo stesso tempo, può essere rivisto e riutilizzato per analizzare anche casi che appartengono a contesti differenti, pur mantenendo una serie di caratteristiche ben precise che presenteremo tra poco. Un evento sportivo calcistico in particolare ha attirato la nostra attenzione: nella stagione 2009/2010 l'Inter, una squadra di calcio famosa in Italia ed in tutto il mondo, dopo una prestazione disastrosa nella fase a gironi della Champions League, che ha portato la squadra sull'orlo dell'eliminazione, si è poi imposta nella fase ad eliminazione diretta con ottime prestazioni che l'hanno portata prima ad eliminare in semifinale la favorita in assoluto del torneo, il Barcelona, e poi ad imporsi in finale contro un'altra seria pretendente al titolo come il Bayern Monaco. Cosa ha impedito alla squadra di implodere su se stessa nel momento di grande difficoltà nella competizione ed uscire da queste avversità molto più forte di prima, talmente forte da essere in grado di imporsi su avversarie sulla carta favorite e conquistare il titolo della competizione calcistica più blasonata di Europa e forse dell'intero panorama calcistico mondiale per club. Questo particolare evento ci ha portati ad indagare se ci fossero elementi di resilienza ed apprendimento organizzativo che hanno condotto a quello straordinario risultato o se si trattò solamente di un caso o di fortunate coincidenze. Come abbiamo

visto nel primo capitolo, la resilienza può essere studiata da due punti di vista differenti: quello che vede la resilienza come robustezza di una rete e quello che vede la resilienza come la capacità di rispondere positivamente agli stress imposti dall'esterno mettendo in atto una serie di comportamenti che permettono la sopravvivenza e l'evoluzione della rete stessa. Considerate le caratteristiche del nostro caso di studio, ci sembra corretto ed adeguato utilizzare il secondo approccio, che ben si adatta a casi in cui vi sono organizzazioni con capitale umano, reti che possono anche avere piccole dimensioni ed un'analisi volta alla struttura ed alla organizzazione delle relazioni tra gli attori della rete: tutte caratteristiche facilmente ritrovabili in una squadra di calcio.

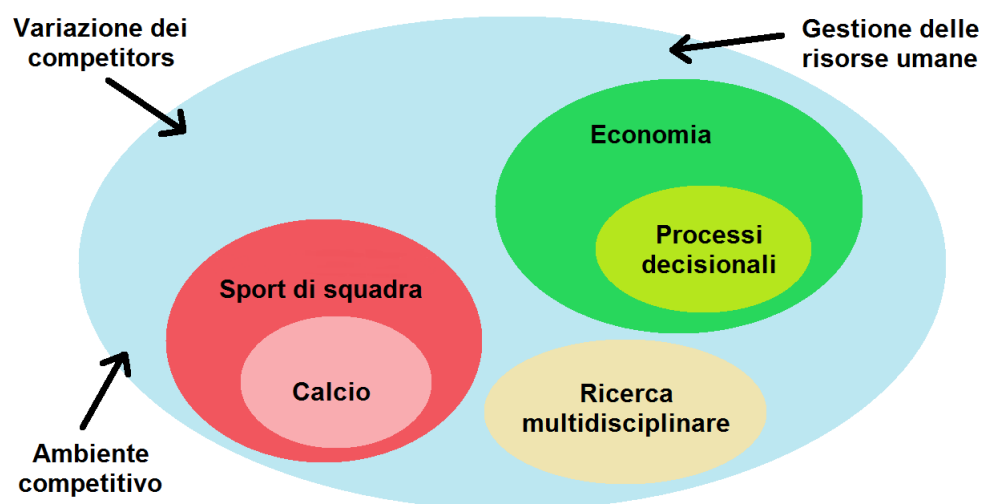


Figura 2.1: Caratteristiche principali del caso di studio e diversi ambiti di applicazione

Il lavoro svolto su questo particolare caso di studio non si limita solo alla ricerca di elementi di resilienza all'interno di modelli di rete basati sulla competizione sportiva calcistica, ma può essere ampliato, con le dovute modifiche ed i dovuti distinguo, a differenti campi di studio sia all'interno che all'esterno dell'ambito sportivo che presentano una serie importante di caratteristiche comuni alla competizione sportiva nel mondo del calcio:

- **Ambienti fortemente competitivi:** la competizione è uno degli elementi fondanti del calcio e di tutti gli sport in generale a qualsiasi livello, soprattutto in una competizione come la Champions League dove si mettono in gioco le squadre ed i giocatori più forti d'Europa e del mondo. Ma competere, ovvero cercare di raggiungere, in contrapposizione con altri soggetti, il medesimo obiettivo (che in ambito sportivo è rappresentato dalla vittoria) è un elemento che può essere rintracciato in molti altri campi: ad esempio in campo economico, dove, in regime di libero mercato, più aziende si contendono il controllo della fetta maggiore del mercato in cui operano. Un aspetto legato alla competizione è quello delle aspettative: una squadra importante come l'Inter, nel momento in cui si presenta in una competizione con un mercato estivo importante come quello dell'estate del 2009, in cui nonostante la partenza di un campione assoluto come Ibrahimovic, ha visto la squadra rinforzarsi in tutti i reparti con gli arrivi di giocatori di assoluto livello mondiale come Milito, Eto'o, Lucio e Sneijder e la presenza di un allenatore carismatico e vincente come Josè Mourinho viene inevitabilmente posta sotto enorme pressione. Sia la dirigenza che la tifoseria creano enormi aspettative di vittoria della squadra, il che pone la stessa ad un grave carico di pressione psicologica sulle proprie prestazioni. La competizione e le aspettative da essa generate rappresentano uno dei principali elementi di forte stress che conduce delle organizzazioni ben strutturate e gestite a mettere in atto dei comportamenti resilienti al fine di gestire al meglio competizione ed aspettative.
- **Variazione dei competitors e dell'ambiente della competizione:** le variazioni nel contesto generale della competizione rappresenta un altro importante e distintivo elemento di stress e rottura nell'ambito sportivo. Una squadra o un atleta si confronta sempre con un certo numero di avversari diversi in condizioni tecniche ed atmosferiche diverse (si pensi ad esempio al calcio, in cui si può giocare in casa o fuori casa, con condizioni atmosferiche e del campo di gioco sempre variabili), que-

sto costringe l'organizzazione a dover generare una serie di meccanismi resilienti per la creazione, generale e condivisa di un sensemaking comune [20], a cui vanno applicati tutti gli aggiustamenti del caso dovuti alla variazione dei competitors e dell'ambiente in cui si compete; nel nostro caso vedremo anche gli aggiustamenti eventualmente richiesti, ideati ed applicati in corso d'opera negli intervalli tra il primo ed il secondo tempo delle partite. Questo particolare elemento di stress non è peculiare solo in ambito sportivo, ma, come nel caso di competizione ed aspettative, può essere individuato in molti altri contesti, come quello economico. Un'azienda è spesso chiamata a confrontarsi con i cambiamenti relativi al mercato in cui opera, essi possono essere di varia natura: possono variare i competitors, sia in caso di fallimenti, sia in caso di nuove aziende che emergono; possono variare le contingenze economiche generali, un cambiamento epocale di questo tipo l'abbiamo vissuto e lo stiamo tutt'ora vivendo con l'ultima forte recessione economica; un altro forte elemento di cambiamento può avvenire in campo tecnologico, basti pensare ad i drastici cambiamenti che possono essersi verificati per le aziende che operano nel settore della telefonia mobile con l'avvento degli smartphone.

- **Fattore squadra (gestione delle risorse umane):** abbiamo già visto precedentemente come sia opinione diffusa in letteratura che sia indispensabile, per sopravvivere a fattori di forte stress come quelli appena presentati, che le organizzazioni siano in grado di costruire sensemaking e mettere in atto meccanismi resilienti in maniera organica e condivisa dai membri che ne fanno parte. La capacità dell'organizzazione di essere resiliente non è pari alla somma delle capacità dei singoli individui, ma le capacità del singolo possono essere migliorate ed amplificate, se inserite nel giusto contesto organizzativo. È chiaro come ciò sia di importanza vitale in un contesto di competizione sportiva di squadra come può essere quello del calcio: una squadra, nel calcio come in altri sport, deve essere in grado di seguire e condividere

la guida tecnica ed emotiva del proprio allenatore, in modo da poter esprimere tutte quelle caratteristiche e quei comportamenti distintivi delle organizzazioni resilienti. Tutto ciò non è valido unicamente per contesti in cui è espresso esplicitamente il concetto di squadra, non solo nello sport ma anche in situazioni lavorative di gruppo, come l'equipaggio di un aeroplano o una squadra di vigili del fuoco [20], ma anche in tutte quelle situazioni in cui una gestione mirata ed oculata delle risorse umane contribuisce alla costruzione di comportamenti resilienti: abbiamo visto l'esempio della trasmissione di idee e conoscenze all'interno di progetti di ricerca interdisciplinare o quello della costruzione dei processi decisionali dei gruppi di manager delle multinazionali che si occupano di prodotti chimici e petroliferi.

2.2 La costruzione del modello: dal campo alla rete

Andremo ora ad analizzare alcune delle principali caratteristiche del nostro caso di studio e come queste abbiano influito sul processo di costruzione del nostro modello. Innanzitutto bisogna porre l'accento sulla competizione che è stata analizzata: la Champions League ha una durata temporale che se, come nel nostro caso, la squadra analizzata arriva in finale, abbraccia l'intera stagione sportiva di una squadra di calcio; questo ci permette di apprezzare nella nostra analisi l'evoluzione strutturale, se vi è, dell'organizzazione durante un lungo arco temporale ci porta dalla prima partita, Inter – Barcellona disputata il 16 settembre 2009, alla finale, che si è giocata il 22 maggio 2010. Un'altra caratteristica importante della competizione è il numero delle partite disputate: una squadra finalista disputa 13 partite, 6 nel girone di qualificazione e 7 nella fase ad eliminazione diretta: ciò ci offre un numero sufficiente di osservazioni per poter costruire un modello con alle spalle un dataset robusto. Bisogna però fare notare come le partite analizzate siano state solamente 12, in quanto durante la semifinale di ritorno un giocatore

dell'Inter è stato espulso nelle prime fasi della partita. Questo episodio ha condotto ad una partita sicuramente insolita, risultata, nel nostro modello, in una rete molto disconnessa e povera di informazioni e su cui aveva poco senso effettuare delle misurazioni, in quanto avrebbero prodotto dei risultati poco significativi. La costruzione vera e propria del dataset è avvenuta tramite l'analisi dei video delle partite, traponendo a livello di rete ciò che accadeva in campo. Ogni calciatore rappresenta un nodo della rete, ma non tutto ciò che accade in campo viene tramutato in relazioni tra i nodi, quindi in archi tra un nodo e l'altro della rete. La nostra analisi si sofferma solo agli eventi ed agli aspetti del gioco che sono in grado di rivelare gli aspetti tattici e l'organizzazione di gioco della squadra; ovvero rappresentiamo tutti quegli aspetti della partita che sono espressione sul campo del lavoro dell'allenatore, dell'organizzazione Inter e dei giocatori stessi durante i periodi di allenamento e preparazione alle partite. La tabella seguente spiega più nel dettaglio come avviene questo passaggio dal campo alla rete e quali aspetti del gioco sono stati mappati nelle nostre reti e quali invece no:

Campo	Rete
Passaggio tra due giocatori	È l'evento cardine della nostra analisi; ogni giocatore, per via della regole del gioco e della dimensione del campo, è teoricamente in grado di poter passare il pallone a qualsiasi compagno di squadra. La scelta del giocatore a cui passare il pallone dovrebbe riflettere la volontà dell'allenatore ed il lavoro svolto dalla squadra, per questo motivo consideriamo i passaggi come l'elemento più importante della nostra analisi, tutti i passaggi vengono mappati ed espressi nella rete.
Tiro in porta	I tiri in porta non vengono rappresentati nella rete per due motivi: non rappresentano un elemento del gioco carico di informazioni come possono esserlo i passaggi, inoltre la rappresentazione dei tiri porrebbe dei problemi di ambiguità dell'informazione, in quanto non sarebbe possibile distinguere tra un tiro parato da un portiere ed un passaggio errato dell'attacco catturato dal portiere avversario.
Contrasto del difensore	Il contrasto vincente di un difensore non viene rappresentato nella rete, anche questo evento presenta elementi di ambiguità nella sua rappresentazione, sarebbe infatti impossibile distinguere tra l'errore del giocatore in possesso di palla e la bravura del difensore che ruba il pallone.
Rimessa laterale	Viene rappresentata nella rete come se fosse un passaggio

Tabella 2.1: Dal campo alla rete 1

Calcio di punizione	Vengono rappresentati nella rete solo se vengono eseguiti schemi particolari, i tiri da calcio di punizione non vengono mappati.
Calcio d'angolo	Anche in questo caso vengono mappati solo i calci d'angolo in cui vi è l'esecuzione di uno schema, un semplice lancio al centro dell'area di rigore non viene considerato.
Fallo	I falli non sono rappresentati nella rete

Tabella 2.2: Dal campo alla rete 2

Andiamo infine ad analizzare qualche aspetto più tecnico riguardante il mapping delle partite nelle reti, derivato da due caratteristiche del gioco del calcio che ci hanno posto dinnanzi a scelte particolari nel momento in cui siamo andati a rappresentare le partite stesse nelle reti:

- **Dimensione temporale della partita:** inizialmente le partite sono state mappate scegliendo un intervallo temporale pari a 15 minuti, il che ci portava ad avere 3 reti distinte per ogni tempo di gioco, per un totale di 6 reti per ogni partita. Questo ci ha però posti davanti ad un problema non da poco nel momento in cui abbiamo eseguito le prime misurazioni sulle reti. Infatti nel calcio il cronometro non viene stoppato quando ci sono delle interruzioni nel gioco, per questo, nonostante nominalmente la dimensione temporale sia uniforme per tutte le reti, nella realtà il tempo di gioco effettivo misurato varia da rete in rete e spesso accade che nei 15 minuti di gioco mappati non vi siano sufficienti azioni per poter ottenere delle misurazioni efficaci. Abbiamo pertanto deciso di sommare le reti da 15 minuti sia in strati da 3, per rappresentare distintamente i primi ed i secondi tempi, sia in 6 strati in modo da avere il quadro d'insieme su tutti i 90 minuti delle partite.

- **Sostituzioni:** durante una partita di calcio ogni squadra ha diritto a poter sostituire fino a 3 giocatori nel corso di una partita. Questa regola del gioco del calcio ci ha portato ad affrontare due distinti problemi nella rappresentazione delle reti relative alle partite. Innanzitutto avere partite in cui il numero delle sostituzioni è variabile ci conduce ad avere reti con un numero di nodi variabile da 11, partita senza sostituzioni, a 14, partita col massimo numero possibile di sostituzioni: per ovviare a questo problema sono stati inseriti, nelle partite con meno sostituzioni dei nodi dummy, privi di qualsiasi legame nella rete con i giocatori attivi in campo, in modo ad uniformare la dimensione delle reti più piccole a quella delle reti con il massimo numero di sostituzioni effettuate. Inoltre sostituire un giocatore durante una partita rappresenta, a livello di rete, un cambiamento strutturale molto forte: il nodo relativo al giocatore sostituito si “spegne”, in quanto non è più in grado di effettuare nessun nuovo legame con altri nodi, mentre il nodo del subentrante, fino a quel momento privo di qualsiasi legame con altri giocatori, va a costruire, nel tempo in cui rimane in campo, legami con i compagni di squadra tramite tutti gli eventi menzionati precedentemente. Questa caratteristica delle reti modellate sul gioco del calcio, relativa alle sostituzioni, può avere effetti di disturbo più o meno marcati a seconda del tipo di misurazione che si va ad effettuare, questo tipo di disturbo sarà analizzato e, quando possibile, risolto caso per caso.

2.3 Analisi del modello: rottura e resilienza

L'analisi delle reti ottenute ha seguito lo stesso filo logico seguito da ciò che abbiamo visto in letteratura, il lavoro è stato quindi diviso in due parti: la prima si occupa di trovare un punto di rottura e di cambiamento nella struttura dell'organizzazione, nel nostro caso nel modo di giocare della squadra, la seconda parte invece si occupa di individuare gli elementi di resilienza confrontando alcune caratteristiche strutturali delle reti prima e

dopo il punto di rottura.

2.3.1 Il punto di rottura: la squadra cambia modulo

Durante la stagione sportiva vi è stato un punto di rottura molto evidente nell'assetto tattico della squadra: grazie al mercato invernale ed all'acquisto di un attaccante di buon livello, la squadra ha potuto stabilmente cambiare modulo, passando dal 4-4-2 adottato ad inizio stagione ad un più offensivo 4-3-3. Avendo a disposizione questo forte punto di partenza, abbiamo indirizzato la nostra analisi alla scoperta di cambiamenti strutturali reali in corrispondenza del cambiamento nominale della struttura della squadra. Per effettuare questa analisi abbiamo scelto di concentrarci sul dato globale delle partite, ignorando primi e secondi tempi, dal momento che si tratta di cambiamenti strutturali di medio-lungo periodo. In secondo luogo, le reti ottenute sommando tutti e 90 i minuti di gioco sono state dicotomizzate con valori maggiori di 3, in questo modo tutti i legami formati da più di 3 passaggi sono rimasti all'interno della rete, mentre tutti i legami formati da 3 o meno passaggi vengono eliminati. La rete risultante si trova così ad essere priva di una parte di dati poco rilevanti, che fungevano solo da rumore o da disturbo sulla parte di dati che contiene la maggior parte dell'informazione. Per prima cosa abbiamo effettuato delle misure di centralità di grado, sommando i valori dei singoli nodi per ogni reparto abbiamo ricavato il dato totale reparto per reparto (difesa, centrocampo ed attacco), da questi valori abbiamo ricavato l'incidenza di ogni reparto sul totale della squadra, inteso come somma dei valori della centralità di grado di ogni nodo.

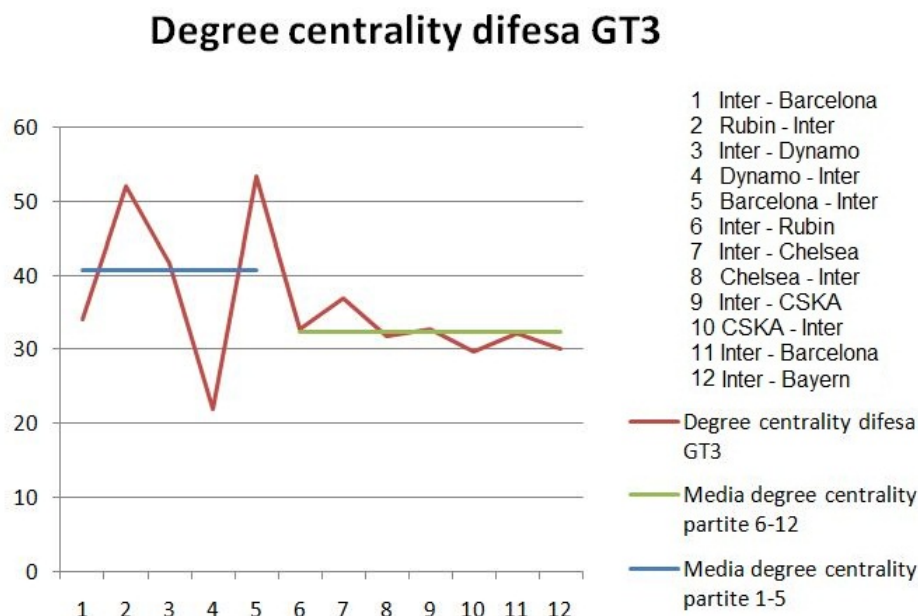


Figura 2.2: Degree centrality difesa GT3

Dal grafico risulta abbastanza evidente come vi sia un punto di rottura nella struttura delle reti per quanto riguarda il reparto difensivo, per renderlo maggiormente evidente abbiamo deciso di evidenziare la media dei valori della degree centrality della difesa prima e dopo il punto di rottura, avvenuto tra la quinta e la sesta partita della competizione. E' possibile notare per prima cosa come vi sia uno scostamento tra il valore medio delle prime partite, pari al 40,6%, e quello della seconda parte della competizione, pari al 32,3%. Si può anche riscontrare come nelle prime partite i valori abbiano dei valori abbastanza discontinui che tendono invece a stabilizzarsi verso la media nelle ultime 7 partite.

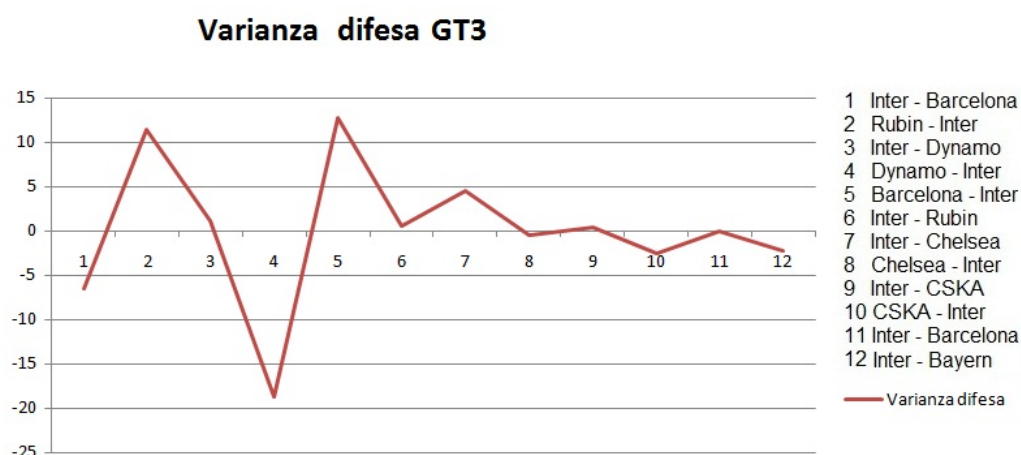


Figura 2.3: Varianza difesa GT3

La progressiva stabilizzazione dei valori dalla degree centrality della difesa si può osservare ancora meglio se andiamo a vedere il grafico che rappresenta la varianza di questi valori rispetto alla media, per le prime 5 partite abbiamo sottratto ai valori della centralità di grado il valore della media relativa a quelle partite, mentre per le seconde 7 partite ai valori delle singole partite abbiamo sottratto la media relativa alle ultime 7 partite. Lo stesso tipo di lavoro è stato in seguito effettuato sui valori dei centrocampisti. Il centrocampo, a differenza della difesa, ha subito uno scostamento molto meno marcato (passando da un valore medio del 44,4% al 39,2%) e non presenta quell'elemento di stabilizzazione dei valori sulla media presente invece per la difesa, come si può apprezzare nel grafico, portandoci a pensare che il cambiamento di modulo non abbia influito particolarmente questo reparto.

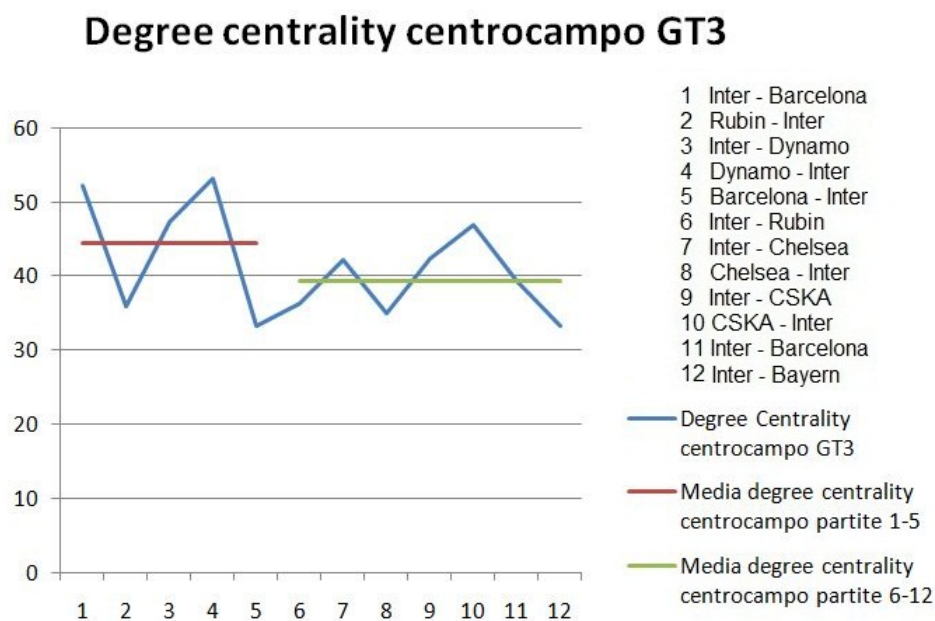


Figura 2.4: Degree centrality centrocampo GT3

Infine abbiamo misurato la degree centrality del reparto offensivo. Osservando il grafico relativo ai valore della degree centrality per l'attacco possiamo osservare come essi tendano innanzitutto ad aumentare progressivamente, questo è facilmente riscontrabile anche osservando i valori medi che passano dal 15% delle prime 5 partite al 28,5% delle successive 7 partite, un'incidenza del reparto di attacco quasi raddoppiata, a discapito principalmente del reparto difensivo.

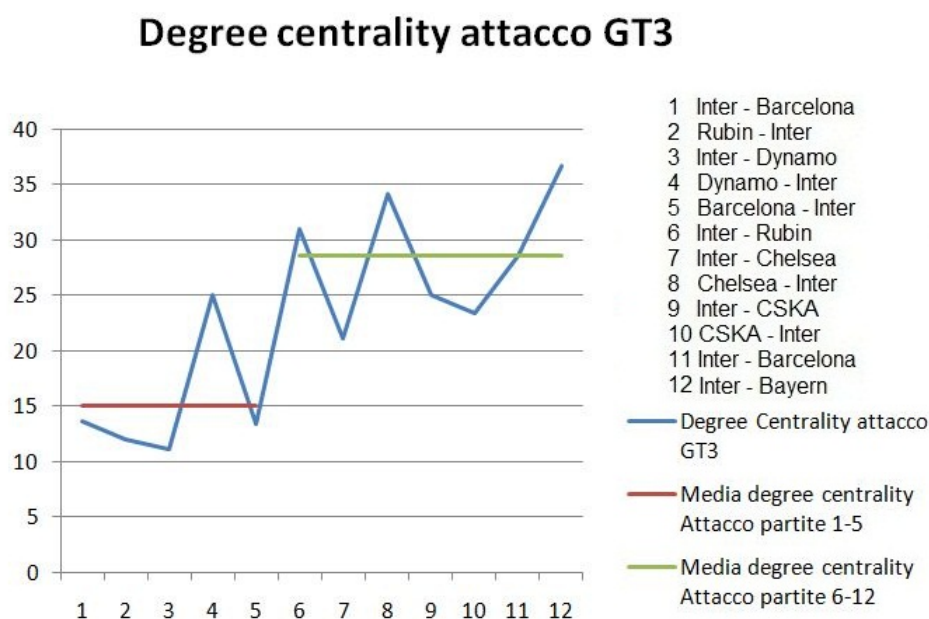


Figura 2.5: Degree centrality attacco GT3

I risultati ottenuti si possono riassumere nel seguente specchio, dove riportiamo i valori medi dei differenti reparti prima e dopo il cambio di modulo della squadra:

	Prime 5 partite	Successive 7 partite
Difesa	40.6%	32.3%
Centrocampo	44.4%	39.2%
Attacco	15%	28.5%

Tabella 2.3: Degree centrality dei reparti

Come abbiamo appena visto, i reparti che hanno maggiormente risentito del cambio strutturale sono stati difesa ed attacco, questo ci ha condotto a provare a considerare quei singoli reparti, accantonando il centrocampo. A questo punto, volendo capire la relazione tra i due reparti considerati abbiamo pensato di calcolare la differenza tra i valori della degree centrality

di difesa ed attacco. Nella tabella seguente vi sono i risultati della media delle differenze:

	Media 1-5	Media 6-12
Difesa - Attacco	25.57	3.72

Tabella 2.4: Differenza tra difesa ed attacco

Come vediamo, nel tempo i valori dell'attacco tendono ad uniformarsi a quelli della difesa, ciò è dato dalla concomitanza dei due fattori osservati nei grafici precedenti:

- Riduzione del peso della difesa nell'organizzazione di gioco della squadra;
- Contemporaneo aumento dell'importanza del reparto d'attacco.

Per avere una visione ancora più chiara di tutto ciò abbiamo riportato in un grafico i valori medi di questa differenza insieme ai singoli valori presi partita per partita.

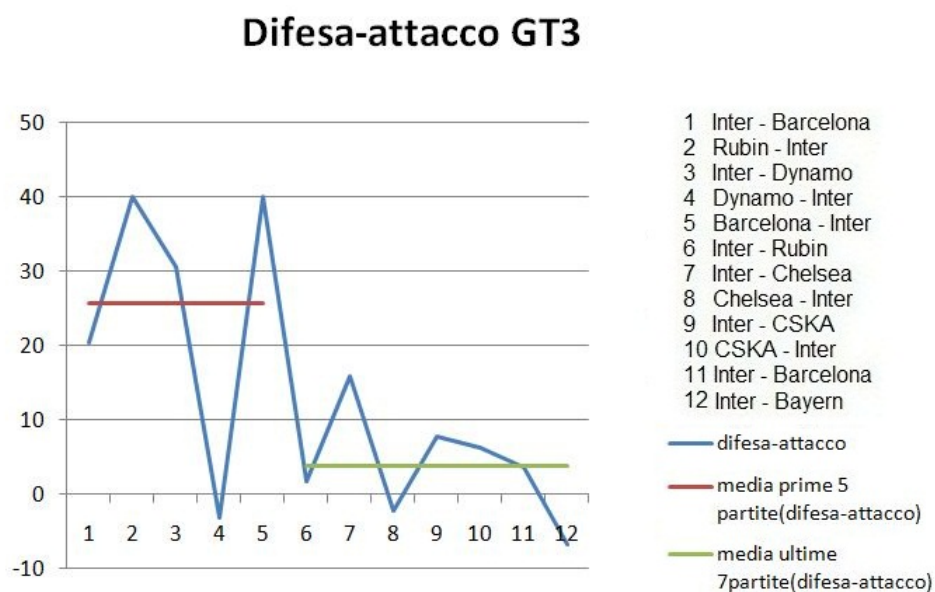


Figura 2.6: Difesa - attacco GT3

Appare immediatamente chiaro ed evidente come il gap tra difesa ed attacco tenda col tempo a diminuire ed è molto interessante il valore per la partita numero 4, Dynamo Kiev – Inter, che può a prima vista sembrare una strana anomalia, che andremo ad analizzare in seguito, accostandosi a valori più simili a quelli post cambio di modulo. Oltre alla evidente diminuzione della differenza tra i due reparti, è interessante anche notare come nella seconda parte vi sia anche una minore oscillazione dei valori, che tendono ad essere più regolarmente attorno alla media. Dopo esserci accertati di questa correlazione tra i reparti di attacco e difesa, abbiamo deciso di riportare i valori della degree centrality dei due reparti all'interno dello stesso grafico, in cui abbiamo sull'ascissa i valori relativi alla difesa, mentre sull'ordinata i valori dell'attacco: questo grafico rafforza ulteriormente la nostra tesi sulla correlazione tra i due reparti ed il cambiamento reale e non solo nominale di struttura dell'organizzazione. Possiamo notare come, mentre le partite che utilizzavano il modulo 4-4-2 tendono a sparpagliarsi nel grafico, al contrario di quelle giocate con 4-3-3 che invece tendono a raggrupparsi tra di loro,

ad ulteriore conferma del reale cambiamento strutturale della squadra in seguito al cambio nominale del modulo adottato. Eccezione di questo grafico è, ancora una volta, la partita Dynamo Kiev – Inter, che nel grafico è molto più vicina alle partite giocate con 4-3-3 rispetto a quelle giocate con il 4-4-2.

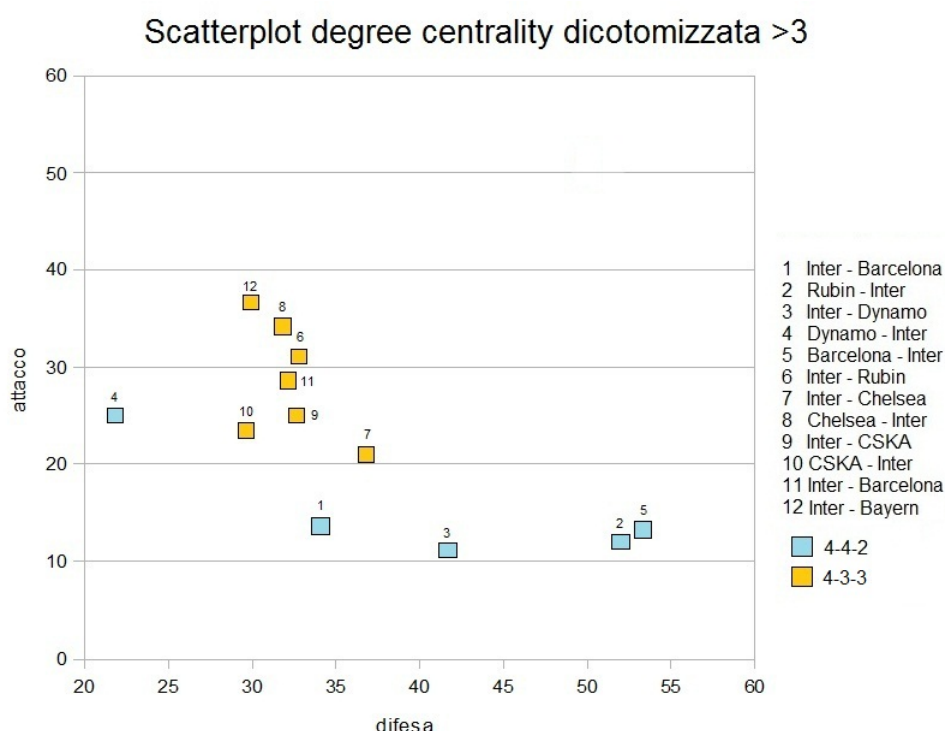


Figura 2.7: Scatterplot degree centrality

Dal momento che abbiamo in più riprese riscontrato questa anomalia, abbiamo deciso di entrare maggiormente nello specifico della partita, cercando di trovare le ragioni di questo strano comportamento. Andando a confrontare i valori della degree centrality di questa partita con i valori medi pre e post cambio di modulo si può osservare come questi siano nettamente più vicini a quelli post cambio di modulo, rispetto a quelli pre cambio di modulo (a cui in teoria dovrebbero tendere).

	Media 1-5	Media 6-12	Dynamo - Inter
Difesa	40.6%	32.3%	21.9%
Attacco	15%	28.5%	25%

Tabella 2.5: Confronto tra la partita Dynamo - Inter e le medie globali

Ma questo comportamento non è casuale, riprendendo infatti il video della partita è possibile apprezzare come l'allenatore abbia cambiato modulo ad inizio del secondo tempo, passando proprio dal 4-4-2 al 4-3-3. In virtù di questo fatto abbiamo ulteriormente approfondito la vicenda, andando a vedere i valori relativi a questa partita, differenziando il primo tempo dal secondo tempo.

	Media 1-5	Dynamo - Inter Primo tempo	Media 6-12	Dynamo - Inter Secondo tempo
Difesa	40.6%	32.1%	32.3%	4%
Attacco	15%	17.8%	28.5%	34.6%

Tabella 2.6: Confronto tra medie globali e primo e secondo tempo di Dynamo - Inter

Analizzando i numeri relativi a primo e secondo tempo possiamo notare come l'andamento sia quello generale del cambiamento di modulo, ovvero la difesa che vede il proprio peso diminuire in modo notevole, mentre l'attacco assume molta più importanza rispetto. Certo è che il valore della difesa nel secondo tempo, pur in linea con l'andamento generale di diminuzione presenta un valore decisamente troppo basso rispetto alla media, ma questo potrebbe essere dovuto alle contingenze della partita ed al fatto che in questo caso abbiamo una sola osservazione, relativa solo alla seconda metà di una partita, mentre la media è calcolata sull'osservazione di 7 partite complete. A

nostro parere, però, l'anomalia presentata da questa partita è in qualche modo significativa nella direzione dei nostri risultati e potrebbe rappresentare la classica "eccezione che conferma la regola". In conclusione possiamo quindi affermare come la struttura emergente della squadra, ricavata dall'analisi dei video delle partite, mostri significativamente la stessa discontinuità strutturale denunciata della struttura formale dell'organizzazione nel momento in cui l'allenatore ha deciso di passare dal modulo 4-4-2 al modulo 4-3-3. Possiamo in generale affermare come il cambiamento di modulo abbia portato a due conseguenze principali con riscontro sia nella struttura delle reti del modello, sia sui risultati della squadra sul campo:

- **Difesa** – La difesa ha visto diminuire la sua importanza all'interno del gioco della squadra a discapito dell'attacco, nonostante ciò i valori della degree centrality si sono stabilizzati nel tempo ed anche sul campo la difesa ha raccolto i frutti del cambiamento di modulo. Mentre nelle prime 5 partite la squadra ha subito ben 6 gol, 1,2 a partita, nelle successive 7 ne ha subiti solamente 2 con un media di 0,3 a partita, molto meno di un gol per gara.
- **Attacco** – L'attacco è stato il reparto che ha tratto i vantaggi maggiori dal cambiamento di modulo. Gli attaccanti sono stati serviti maggiormente dai compagni, elevando la qualità del gioco della squadra, come per la difesa il cambiamento non è riscontrabile unicamente nell'analisi delle reti, ma anche andando a vedere i dati sulla produzione in campo degli attaccanti: se nelle prime 5 partite la squadra ha segnato solo 5 gol, nelle successive 7 ne ha segnati ben 12 nelle successive 7, innalzando i gol per partita da 1 a 1,7.

2.3.2 Reazione al cambiamento: elementi di resilienza

Abbiamo visto, nel paragrafo precedente, come sia la struttura reale che quella nominale della squadra cambiano nel momento in cui l'allenatore decide di cambiare stabilmente il modulo con cui la squadra affronta le partite.

Seguendo ciò che abbiamo visto in letteratura possiamo ora analizzare se questi cambiamenti strutturali dell'organizzazione abbiano portato o meno la squadra a mettere in atto dei comportamenti resilienti. Andremo quindi a ricercare la presenza di quegli elementi che abbiamo visto essere presenti nel momento in cui le organizzazioni resilienti rispondono al cambiamento: un'aumento della densità della rete ed una diminuzione delle distanze geodetiche tra i membri della rete stessa. Il primo passo è stato quello di misurare la densità della rete sia sui dati globali che su quelli parziali di primo e secondo tempo. Per fare ciò abbiamo dovuto utilizzare degli accorgimenti:

- Sono stati eliminati i nodi dummy per via della natura stessa del modo in cui la densità viene misurata. Infatti la densità non è altro che il numero di archi presente nella rete in rapporto al numero massimo possibile di archi, escludendo gli archi dei nodi verso sé stessi. Ci pare chiaro come un nodo che per default non ha nessun arco produca disturbo in maniera particolare sul numero massimo di legami possibili, nonché sul numero di legami effettivamente presenti nella rete.
- Dovendo esaminare anche i risultati parziali dei primi e secondi tempi non è stato possibile adottare la stessa dicotomizzazione scelta nell'analisi precedente, che riguardava quasi esclusivamente i dati globali delle partite. Per evitare di ottenere delle reti disconnesse siamo ricorsi ad una dicotomizzazione di tipo “greater than zero” in cui tutti i legami con valore 0 rimanevano tali, mentre a tutti quelli con valori superiori veniva attribuito il valore 1.

Elenchiamo i risultati nella tabella seguente:

	Primo tempo	Secondo tempo	Totale
Inter - Barcelona	0.41	0.37	0.55
Rubin - Inter	0.53	0.61	0.75
Inter - Dynamo	0.6	0.58	0.72
Dynamo - Inter	0.42	0.49	0.69
Barcelona - Inter	0.37	0.36	0.55
Inter - Rubin	0.45	0.48	0.65
Inter - Chelsea	0.42	0.46	0.63
Chelsea - Inter	0.48	0.53	0.65
Inter - CSKA	0.66	0.65	0.8
CSKA - Inter	0.45	0.63	0.68
Inter - Barcelona	0.34	0.33	0.51
Inter - Bayern	0.35	0.35	0.5

Tabella 2.7: Densità GT0

Nel grafico seguente invece si può apprezzare il variare dei valori nel tempo:

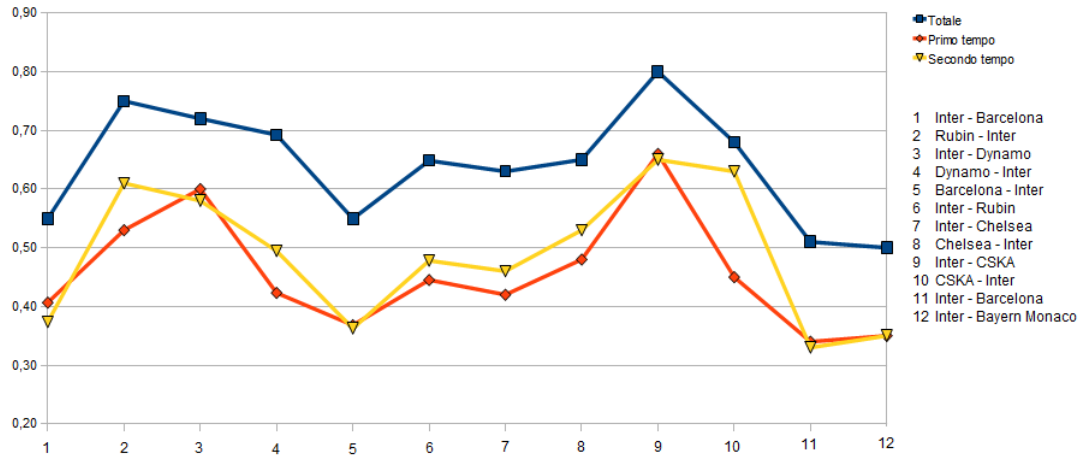


Figura 2.8: Densità GT0

Analizzando l'andamento dei valori nel grafico risulta piuttosto evidente che l'aumento di densità che era lecito aspettarsi non si è verificato nel tempo, inoltre si possono notare due anomalie nei valori: innanzitutto la densità globale risulta sempre decisamente maggiore dei valori dei singoli tempi, inoltre vi è un valore anomalo per la partita CSKA – Inter, difatti mentre i valori dei singoli tempi tendono ad essere più o meno concordanti nel tempo e sempre al di sotto del valore globale della partita. Queste anomalie ci hanno condotto ad ulteriori riflessioni sui risultati ottenuti, andando ad individuare una serie di fattori che hanno potuto in qualche modo disturbare i valori ottenuti:

- **Sostituzioni:** la natura stessa del nostro modello che prevede di poter sostituire un giocatore, quindi di fatto di poter “spegnere” un nodo che non contribuirà più alla creazione di legami in favore di nodo che ne creerà di nuovi è probabilmente l'elemento che maggiormente contribuisce al disturbo nei risultati ottenuti. L'effetto maggiore di questo disturbo si percepisce chiaramente nel fatto che i valori globali siano

sempre maggiori di quelli parziali: le sostituzioni infatti avvengono solitamente nel secondo tempo delle partite. Mentre nei dati parziali dei secondi tempi questo disturbo viene assorbito dal fatto che il nodo sostituito viene spento, e quindi crea un numero limitato di legami, nel dato globale delle partite invece il contributo dato dal nodo subentrato si va a sommare a quello del giocatore sostituito con un effetto rovinoso sui risultati che quindi sono molto superiori a quelli dei singoli tempi di gioco.

- **Reti non unidimensionate:** questo elemento di disturbo è figlio sia della possibilità di sostituire i giocatori, sia dell'eliminazione dei nodi dummy dalle reti. In questo modo abbiamo ottenuto delle reti con un numero variabile di nodi, questo influisce molto nel momento in cui andiamo ad utilizzare un rapporto in cui il denominatore varia in funzione del numero di nodi presenti nella rete, restituendoci quindi dei risultati tra di loro non omogenei.

Questi spunti di riflessione ci hanno quindi indotto a criticare i risultati ottenuti, non ritenendoli attendibili. Abbiamo quindi dovuto cercare un modo per effettuare la stessa misurazione, utilizzando però degli accorgimenti che ci permettano di annullare o quantomeno attenuare in maniera consistente gli elementi di disturbo presenti nella precedente analisi. Una possibile soluzione potrebbe essere quella di raggruppare i giocatori in base ai ruoli da loro occupati in campo: sono stati quindi individuati 7 ruoli, validi per entrambi i moduli, in base ai quali sono stati raggruppati i giocatori sommando il loro apporto alla rete in termini di legami creati. Raggruppare i giocatori ci dovrebbe permettere sia di eliminare la disomogeneità nella dimensione delle reti, che ora sono tutte composte da 7 nodi, sia di attenuare l'effetto delle sostituzioni facendo confluire in piccoli gruppi i giocatori. Fatto ciò abbiamo effettuato nuovamente la misurazione della densità delle reti, mantenendo una dicotomizzazione del tipo “greater than zero”, con i seguenti risultati:

	Primo tempo	Secondo tempo	Totale
Inter - Barcelona	0.8	0.73	0.83
Rubin - Inter	0.78	0.85	0.9
Inter - Dynamo	0.83	0.83	0.85
Dynamo - Inter	0.8	0.88	0.95
Barcelona - Inter	0.88	0.76	0.9
Inter - Rubin	0.8	0.83	0.85
Inter - Chelsea	0.76	0.76	0.85
Chelsea - Inter	0.73	0.73	0.76
Inter - CSKA	0.78	0.78	0.88
CSKA - Inter	0.69	0.8	0.8
Inter - Barcelona	0.8	0.73	0.88
Inter - Bayern	0.74	0.76	0.89

Tabella 2.8: Densità ruoli GT0

Mentre il grafico mostra l'andamento nel tempo dei valori:

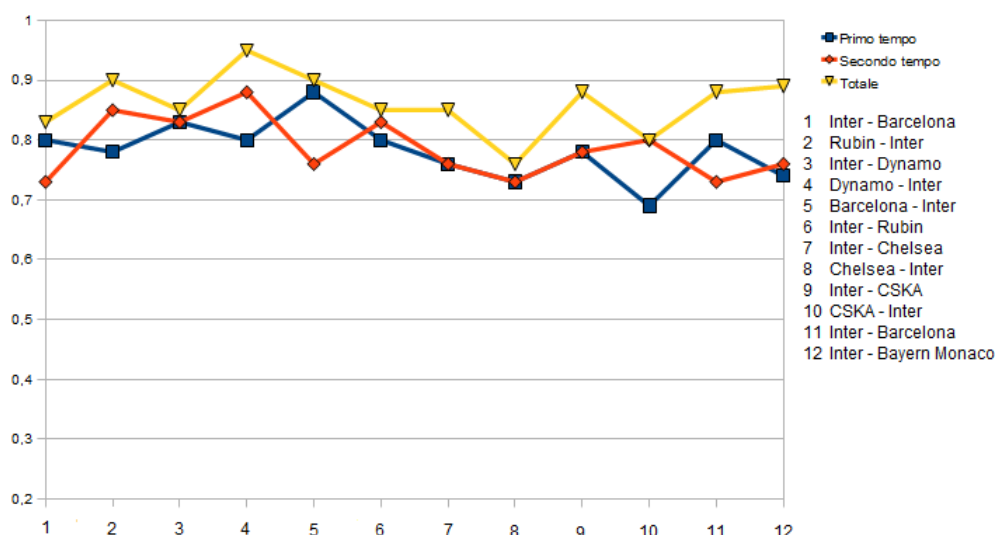


Figura 2.9: Densità Ruoli GT0

Possiamo notare dal grafico che, seppur le criticità viste nel precedente tentativo rimangono, esse sono notevolmente diminuite: il valore della densità globale delle partite rimane sempre stabilmente superiore rispetto ai valori dei singoli tempi, però la distanza diminuisce notevolmente mostrando una tendenza all'adeguamento verso i valori dei singoli tempi. Colpisce in questo grafico come i valori delle densità siano generalmente molto elevati, ciò dipende molto probabilmente dal fattore additivo utilizzato nella creazione di queste reti. Per cui abbiamo ritenuto possibile che in questo caso, al contrario delle reti precedenti, si potesse utilizzare un fattore di dicotomizzazione più elevato. Abbiamo allora ripetuto il processo di dicotomizzazione, questa volta utilizzando “greater than 1” per le reti dei singoli tempi e “greater than 2” per le reti globali, in quanto somma dei primi e secondi tempi. La tabella seguente mostra i valori ottenuti:

	Primo tempo	Secondo tempo	Totale
Inter - Barcelona	0.73	0.57	0.73
Rubin - Inter	0.69	0.69	0.76
Inter - Dynamo	0.69	0.67	0.71
Dynamo - Inter	0.71	0.69	0.8
Barcelona - Inter	0.54	0.59	0.66
Inter - Rubin	0.67	0.6	0.69
Inter - Chelsea	0.57	0.64	0.61
Chelsea - Inter	0.61	0.67	0.71
Inter - CSKA	0.64	0.65	0.69
CSKA - Inter	0.57	0.67	0.69
Inter - Barcelona	0.59	0.45	0.67
Inter - Bayern	0.64	0.45	0.64

Tabella 2.9: Densità ruoli per dicotomizzazioni maggiori

L'andamento dei valori nel tempo si può osservare nel seguente grafico:

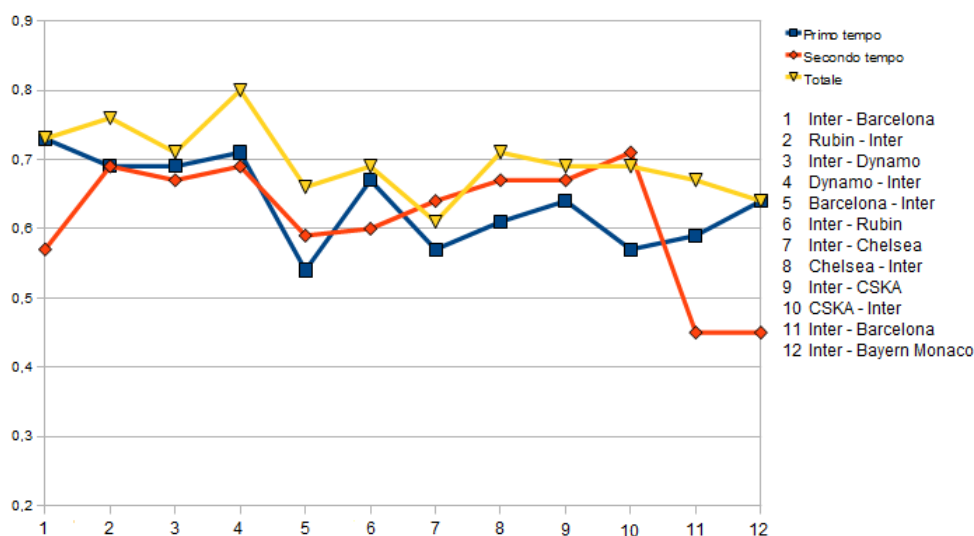


Figura 2.10: Densità ruoli per dicotomizzazioni maggiori

Anche in questo caso si mantiene la tendenza generale dei valori globali ad essere superiori rispetto ai valori delle densità dei singoli tempi, seppure la differenza continua a tendere alla diminuzione, tranne per la partita Dynamo – Inter in cui il valore globale subisce un picco verso l'alto, mostrando una differenza strutturale tra primo e secondo tempo, già analizzata in precedenza: si tratta infatti della partita in cui la squadra ha cambiato modulo tra il primo ed il secondo tempo. Analizzando l'andamento dei valori delle densità sicuramente non si nota l'aumento dei valori delle densità atteso, essi invece risultano essere tendenzialmente stabili nel corso del tempo, in particolar modo se si osservano i valori relativi ai dati globali delle partite. Simile approccio è stato seguito per analizzare le distanze geodetiche delle reti: per evitare di avere reti multidimensionali ed attenuare l'effetto sostituzioni abbiamo utilizzato anche per queste misurazioni le reti costruite per ruoli. In questo caso però le reti non sono state dicotomizzate, infatti nel misurare le distanze geodetiche si possono utilizzare reti con valori scalari: in questo caso si possono utilizzare diverse interpretazioni dell'applicazione

dell'algoritmo che restituisce i risultati. I valori scalari possono infatti essere interpretati sia come forza della relazione tra i nodi, in questo caso nodi legati da archi con valori alti rappresentano dei legami molto forti; in alternativa i valori scalari possono essere visti come dei costi, ovvero maggiore è il valore dell'arco che collega due nodi e maggiore sarà il costo della relazione tra i nodi stessi. Nel nostro caso è interessante analizzare la forza dei rapporti tra i nodi, è infatti logico interpretare la volontà di due giocatori di passarsi spesso il pallone come un legame forte, piuttosto che un legame costoso. La scelta di utilizzare la forza dei legami per la nostra misura ci consente anche di eliminare parte del disturbo dovuto alle sostituzioni, infatti in genere gli archi con bassi tendono ad essere ignorati a meno che non si trovino sull'unico percorso possibile tra due nodi. L'algoritmo così utilizzato restituisce la lunghezza del più breve tra i percorsi più forti possibili tra due nodi: la forza del percorso è data dalla forza del più debole tra gli archi presenti sul percorso, proprio in virtù di questo gli archi deboli delle reti tendono ad essere ignorati in questo tipo di misurazione. Nella tabella seguente elenchiamo la distanza media dei percorsi geodetici della rete per ciascuna delle partite analizzate:

	Primo tempo	Secondo tempo	Totale
Inter - Barcelona	1.9	1.8	1.9
Rubin - Inter	1.9	1.8	1.9
Inter - Dynamo	2.1	1.9	1.9
Dynamo - Inter	1.9	2.5	2.1
Barcelona - Inter	2	2	2
Inter - Rubin	2.2	2.3	2
Inter - Chelsea	2.3	1.8	1.9
Chelsea - Inter	2	1.9	2
Inter - CSKA	2	2.1	2.1
CSKA - Inter	2	2.3	2.2
Inter - Barcelona	1.9	2	2.1
Inter - Bayern	1.8	1.8	1.9

Tabella 2.10: Distanza geodetica dei percorsi più forti

La tabella è accompagnata dal grafico che ci permette di osservare l'andamento dei valori nel tempo:

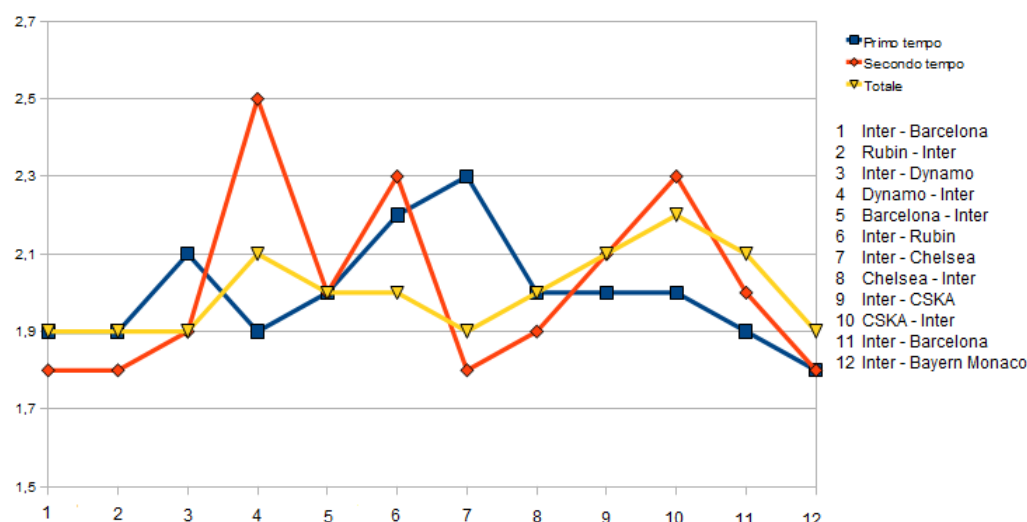


Figura 2.11: Distanza geodetica dei percorsi più forti

Il grafico in questione ci mostra alcune importanti analogie con i grafici relativi alle densità. Innanzitutto anche in questo caso non è possibile individuare un andamento decrescente delle distanze geodetiche medie dei nodi come ci si attendeva, è però altrettanto importante osservare come anche in questo caso i valori relativi ai dati globali delle partite tendano ad essere molto stabili: si va infatti da un minimo di 1,9 ad un massimo di 2,2 raggiunto in una sola occasione; in generale si può affermare come la lunghezza media del più forte percorso geodetico nelle reti sia stabilmente pari a 2. Altra analogia si può ritrovare nel picco più alto relativo ad un singolo tempo, ovvero il secondo tempo di Dynamo – Inter, la partita che ha visto il cambio di modulo in corso d'opera. La non presenza dell'andamento desiderato nei valori della densità e delle distanza non deve però farci in qualche modo disperare e pensare che non vi sia alcun tipo di resilienza all'interno dell'organizzazione studiata. Abbiamo infatti visto che la resilienza può essere definita come: *the ability to absorb disturbances, to*

be changed and then to re-organise and still have the same identity (retain the same basic structure and ways of functioning). It includes the ability to learn from the disturbance. A resilient system is forgiving of external shocks. As resilience declines the magnitude of a shock from which it cannot recover gets smaller and smaller. Resilience shifts attention from purely growth and efficiency to needed recovery and flexibility. Growth and efficiency alone can often lead ecological systems, businesses and societies into fragile rigidities, exposing them to turbulent transformation. Learning, recovery and flexibility open eyes to novelty and new worlds of opportunity (www.resalliance.org) ed abbiamo discusso di come una caratteristica distintiva delle organizzazioni resilienti risieda nella capacità della stessa di riuscire a rispondere a momenti di stress e di rottura evolvendosi mantenendo intatta la propria identità. Karl Weick probabilmente direbbe che una organizzazione resiliente ha nella sua struttura la capacità di mantenere la costruzione di un sensemaking comune pur nei momenti di stress e di cambiamento. Noi riteniamo che la squadra da noi analizzata si sia comportata in un modo resiliente riuscendo sia a rispondere alle proprie difficoltà modificando la sua struttura, nominalmente e realmente grazie al passaggio ad un modulo diverso, ma allo stesso tempo è riuscita a mantenere intatte nel tempo alcune delle caratteristiche del proprio gioco, come emerso dall'analisi della densità e delle distanze geodetiche. Non deve quindi assolutamente apparire come una casualità il fatto che la squadra sia riuscita a superare il proprio momento di difficoltà, uscendone più forte di prima e riuscendo addirittura ad imporsi come la squadra più forte di tutta Europa.

Capitolo 3

Modelli stocastici per le dinamiche di rete basati sugli attori

Uno sviluppo futuro molto interessante per il lavoro che abbiamo appena illustrato è sicuramente orientato verso l'utilizzo di modelli stocastici per le dinamiche di rete basati sugli attori. Nei prossimi paragrafi introdurremo brevemente questo tipo di modello, che da lungo tempo interessa i ricercatori nell'ambito della social network analysis, ma che ha avuto degli sviluppi notevoli ed interessanti solo nell'ultimo decennio; inoltre vedremo brevemente come questo tipo di modello possa essere utilizzato in coabitazione con modelli come il nostro al fine di individuare, nella dinamica della loro formazione, specifiche tendenze e micro-meccanismi: ad esempio nel nostro caso si potrebbero utilizzare per individuare la presenza di meccanismi e tendenze alla resilienza delle reti.

3.1 Assunti di base

Una rete dinamica è formata da legami tra attori, legami che nel tempo possono modificarsi; questi legami non rappresentano brevi eventi, ma

piuttosto stati che tendono a durare nel tempo. Questo ci permette, con un'approssimazione, di interpretare la rete in divenire come risultato di un processo di Markov per cui, in ogni momento temporale, lo stato corrente della rete determina probabilisticamente la sua evoluzione nel tempo e non ci sono effetti addizionali dati dal recente passato, quindi tutte le informazioni rilevanti per determinare lo stato futuro sono incluse nello stato presente. Il modello riguarda relazioni direzionali, in cui ogni nodo $i \rightarrow j$ ha un mittente i , denominato *ego*, ed un destinatario j , denominato *alter*. Gli assunti di base del modello sono i seguenti:

1. Il parametro temporale t è continuo, il processo si svolge lungo step temporali di lunghezza variabile che possono essere arbitrariamente piccoli. Ad ogni modo si assume che la rete viene osservata solo in due o più punti discreti nel tempo. Le diverse osservazioni sono definite 'network panel waves'. L'assunzione che la variabile tempo sia continua permette, rispetto a modelli precedentemente presentati, in cui il tempo era invece discreto, di rappresentare i rapporti di dipendenza tra i legami della rete come il risultato di processi in cui ogni legame viene formato come reazione all'esistenza di altri legami. Ad esempio, se tre attori, che ad una prima osservazione risultavano tra loro disconnessi, formarono ad una seconda osservazione un triangolo chiuso, in cui ognuno è connesso agli altri due, allora in un modello in cui il tempo è una variabile discreta si dovrebbe pensare che questo triangolo si sia in qualche modo formato dal nulla; al contrario un modello che tratta la variabile tempo come continua può rappresentare la costruzione di questo triangolo legame per legame come effetto di fenomeni di reciprocazione e chiusura transitiva.
2. La rete in divenire è il risultato di un processo di Markov, come già illustrato.
3. Gli attori controllano i propri legami in uscita. Questo non indica che gli attori possano cambiare a piacimento i propri legami in uscita, ma

che i cambiamenti nei legami sono effettuati sempre dagli attori mit-tenti sulla base degli attributi propri e dei destinatari, la loro posizione nella rete e la loro percezione del resto della rete. E' questo assunto che rende il modello 'basato sugli attori'. Viene inoltre formalmente as-sunto che gli attori hanno informazioni complete riguardo la rete e gli altri attori. In pratica gli attori hanno bisogno solo di un numero limi-tato di informazioni, dal momento che le probabilità dei cambiamenti di rete da parte di un attore dipendono dalla rete personale dell'atto-re che risulterebbe dai questi cambiamenti, o possibilmente dalla rete personale che include anche coloro verso cui l'attore a legami tramite un solo intermediario (ovvero ad una distanza geodetica pari a 2).

4. Ad un preciso istante un attore selezionato probabilisticamente – 'ego' – può avere l'opportunità di modificare un proprio legame in uscita e non più di un legame può cambiare ogni volta. Questo principio de-compone ogni processo di cambiamento nei suoi più piccoli componenti, permettendo quindi una modellazione piuttosto semplice. Questo im-plica che i cambiamenti nei legami non sono coordinati e dipendono l'uno dall'altro solo in maniera sequenziale. Ad esempio due attori non possono mettersi d'accordo per formare un legame reciproco; se due attori sono disgiunti ad una prima osservazione e reciprocamente legati alla successiva, allora uno dei due deve per forza aver preso l'iniziativa e formato il primo legame, a questo evento ha poi risposto il secondo attore formando il legame reciproco.
5. La frequenza dei cambiamenti nei legami tra gli attori viene modellata da un processo di opportunità dei cambiamenti, il tasso di cambiamento può variare a seconda della posizione degli attori (loro centralità nella rete) o in base alle covariate di un attore (per esempio età, sesso e così via...).
6. Il processo di determinazione dei cambiamenti modella la frequenza nei cambiamenti dei legami effettuati quando un attore ha la possibilità di

cambiare. Le probabilità di modificare un legame possono dipendere dalle posizioni nella rete come dalle covariate, sia di ego che degli altri alter nella rete.

3.1.1 Il modello di determinazione dei cambiamenti

Il primo passo di questo modello è la scelta dell'attore focale (ego) che ottiene l'opportunità di effettuare un cambiamento. Questa scelta può essere fatta dando a tutti le stesse probabilità o utilizzando probabilità che dipendono dalla posizione dell'attore nella rete. L'attore così determinato può quindi effettuare un cambiamento (creando o eliminando un legame) oppure mantenere lo status quo; questo implica che l'attore ha un set di possibili n azioni: $n - 1$ cambiamenti ed un non-cambiamento. Le probabilità di scelta dipendono da una funzione obiettivo, che rappresenta la rete così come viene percepita dall'attore. Informalmente la funzione obiettivo esprime quanto conviene all'attore modificare o meno la propria rete, in media ogni attore tende a spostarsi in una direzione che gli permetta di incrementare la propria funzione obiettivo anche se soggetto a tutti i vincoli della struttura corrente della rete ed ai cambiamenti effettuati dagli altri attori, nonché soggetto anche ad influenze casuali. In pratica la funzione obiettivo dipenderà dalla rete personale dell'attore, definita dalla rete tra l'attore focale più coloro verso cui ha un legame diretto, incluse le covariate di tutti attori presenti in questa rete personale. Quindi le probabilità dei cambiamenti dipendono dalla rete personale che risulterebbe dai cambiamenti che possono essere effettuati e dalla loro composizione in termini di covariate, tramite i valori delle funzioni obiettivo a loro associate. La funzione obiettivo è definita su un insieme di possibili stati della rete, così come vengono percepiti dall'attore focale, dove per stati della rete non si intendono solo i legami ma anche tutte le covariate. Quando l'attore ha la possibilità di muoversi da uno stato all'altro della rete, la probabilità di ogni mossa è tanto più alta quanto più alto è il valore della funzione obiettivo associata allo stato della rete ad essa associato.

La funzione obiettivo è la combinazione lineare di una serie di componenti chiamati *effetti*,

$$f_i(\beta, x) = \sum_k \beta_k s_{ki}(x),$$

dove i rappresenta ego, ovvero l'attore focale. Quindi $f_i(\beta, x)$ rappresenta il valore della funzione obiettivo per l'attore i a seconda dello stato x della rete; le funzioni $s_{ki}(x)$ sono gli effetti, funzioni della rete che vengono scelte basandosi sulla teoria e sulla conoscenza della situazione modellata, e corrispondono a quei micro meccanismi menzionati nell'introduzione; i pesi β_k sono dei parametri statistici. Gli effetti rappresentano aspetti della rete così come sono visti dall'attore i , essi dipendono sia dallo stato della rete x , sia dagli attributi degli attori (covariate degli attori), sia da variabili che dipendono da coppie di attori (covariate diadiche). Se $\beta_k = 0$ l'effetto corrispondente non gioca nessun ruolo nelle dinamiche della rete; se il valore è positivo allora saranno maggiori le probabilità di spostarsi in una direzione in cui l'effetto corrispondente è maggiore, l'inverso vale quando il valore di β_k è negativo. Per la selezione del modello, è molto importante la scelta degli effetti da includere nella funzione obiettivo al fine di poter testare correttamente le ipotesi formulate. Tuttavia, data la complessità delle dinamiche delle reti e la limitatezza della conoscenza corrente sull'argomento a volte può diventare necessario, se non indispensabile, utilizzare nella costruzione del modello degli elementi derivati dai dati al fine di poter specificare nel miglior modo possibile gli effetti di rete endogeni.

Gli effetti presenti nella funzione obiettivo si dividono in varie categorie, la prima riguarda due effetti di base che sono presenti in tutte le reti: il primo è quello relativo all'outdegree di i e rappresenta la tendenza ad avere dei legami con altri attori. Dal momento che si è visto in letteratura come la maggior parte delle reti sia poco densa (solitamente inferiore a 0.5) possiamo concludere che, a meno che il nodo j non abbia delle caratteristiche che lo rendano particolarmente attraente agli occhi di i , i costi della creazione di un legame tendono ad essere superiori rispetto ai benefici, per cui generalmente l'effetto legato all'outdegree tende ad avere dei valori negativi. Il secondo

effetto di base riguarda la tendenza alla reciprocazione dei legami, questa è un'altra caratteristica comune di moltissimi tipi di reti, per cui tende ad avere valori abbastanza alti, che variano tra 1 e 2. Una seconda categoria riguarda gli effetti legati alle triadi: importante in questo contesto sono tutti quegli effetti legati alla chiusura transitiva dei legami (ovvero la tendenza degli amici di amici a diventare a loro volta amici): tra questi menzioniamo l'effetto delle triadi transitive oppure l'effetto di bilanciamento, ovvero la tendenza a creare legami con nodi che fanno le stesse scelte di ego.

Vi sono poi effetti legati al grado: questi effetti indicano la “popolarità” di un nodo in base al numero di legami in arrivo o in partenza che possiede. Se l'effetto è positivo questi nodi diventano forti ed hanno un potere di attrazione maggiore verso gli altri nodi, portando quindi nodi con alti valori di indegree o outdegree a tendere all'autorafforzamento. Un altro effetto interessante riguarda l'attività legata al grado: quando questo effetto è positivo i nodi con alti valori di indegree o outdegree tenderanno ad una maggiore propensione verso la creazione di nuovi legami, andando in qualche modo a contrastare l'effetto outdegree di base, presentato in precedenza.

Vi sono poi gli effetti legati alle covariate degli attori, i cosiddetti effetti esogeni. Vi sono tre effetti principali in questa categoria: l'effetto ego per cui, per una variabile V legata all'attore, attori con valori elevati di V tendono ad avere valori di outdegree maggiori di altri; l'effetto alter per cui attori con determinati elevati valori di V tendono ad avere valori più elevati di indegree; infine l'effetto di similarità che misura la tendenza di nodi con valori di V simili a legare dei rapporti tra di loro (ovvero un effetto di omofilia). Tutti gli effetti presentati e molti altri sono espresse in maggior dettaglio, con le relative formule, nel lavoro di Snijders, van de Bunt e Steglich [22].

3.2 Problematiche legate all'applicazione e sviluppi futuri

Abbiamo provato ad analizzare la fattibilità o meno dell'applicazione di un modello per le dinamiche di reti basato sugli attori al modello utilizzato per il nostro lavoro. Da un punto di vista teorico il nostro modello soddisfa tutti gli assunti di base presentate nel lavoro di Snijders [22]:

- **Dimensione temporale:** non c'è dubbio che la dimensione temporale del nostro modello sia coerente con quella richiesta, ovvero una variabile tempo t continua, all'interno della quale si definiscono dei momenti discreti, utilizzati per la definizione delle network panel waves.
- **Modello basato sugli attori:** il nostro modello è senza dubbio basato sugli attori. La scelta della creazione o meno di un legame all'interno del campo di gioco è totalmente libera e spetta solamente al giocatore che gestisce il possesso del pallone. Inoltre l'attore che deve effettuare la scelta è sicuramente in possesso di tutte le informazioni relative allo stato della rete e degli altri attori in quel preciso istante; basta infatti semplicemente alzare lo sguardo per ottenere le informazioni, che riguardano principalmente la posizione ed il movimento di compagni ed avversari all'interno del campo di gioco.
- **Determinazione di ego e limite alla creazione dei legami:** il nodo della rete scelto come ego non altri che il giocatore in possesso del pallone, è lui che in quel momento può scegliere cosa fare e quindi se, ed in che modo, modificare la rete. Viene inoltre rispettata la decomposizione dei cambiamenti nelle loro singole componenti, ciò è intrinseco nei vincoli stessi presentati dal nostro modello. Dal momento che un legame tra due nodi della rete rappresenta il passaggio del pallone da un giocatore all'altro ogni cambiamento non può che coinvolgere un solo legame alla volta, come richiesto in [22].

Alcuni dubbi nascono però nel momento in cui si approcciano delle questioni pratiche relative all'applicazione del modello. Snijders ritiene che nel caso studiato i legami non possano rappresentare dei singoli eventi, ma devono in qualche modo rappresentare dei legami duraturi e che assumano significato nel tempo, vengono citati ad esempio i rapporti di amicizia o quelli di collaborazione. Questo ci pone di fronte ad una serie di problemi ed interrogativi riguardo l'applicazione di questo approccio al nostro modello: se i legami devono rappresentare delle collaborazioni significative e non eventi singoli allora ha in qualche modo senso utilizzare i totali delle singole partite come panel waves? Da ciò che viene suggerito da Snijders sembrerebbe di no, sebbene la serie di osservazioni da noi utilizzata possa essere analizzata nel suo arco temporale non sembra avere molto senso utilizzarla per confronti diretti e successivi, come avverrebbe se le utilizzassimo per l'analisi delle dinamiche di rete. E' pur sempre vero però che rimangono aperte le porte di un'analisi diretta invece allo studio delle dinamiche delle singole partite, il che però ci pone alcune questioni riguardanti il data requirement presentato da Snijders in [22]. Snijders infatti sostiene come vi siano una serie di requisiti minimi per cui i dati contenuti nel modello siano effettivamente utilizzabili con successo. Per prima cosa il numero minimo di momenti di osservazione dello stato della rete deve essere, sembra quasi ovvio, pari a due ed è in genere sempre inferiore a 10; non c'è nessuna controindicazione riguardo l'utilizzo di un numero maggiore di osservazioni purché si mantengano gli assunti per cui i parametri delle funzioni degli effetti rimangano sempre gli stessi. In secondo luogo il numero degli attori dovrebbe essere circa di 20 o superiore, numeri inferiori possono essere accettabili solo nel caso in cui si abbia un buon numero di panel waves da analizzare. Vi è anche un limite superiore al numero di attori che può avere la rete ed è intorno a qualche centinaia, dal momento che si assume che ogni attore sia un possibile partner per ogni altro attore della rete, cosa che non sarebbe plausibile per reti con un numero troppo elevato di nodi. Infine il numero di cambiamenti nelle successive panel waves debba essere sufficientemente alto, poiché questi cambiamenti

forniscono le informazioni per la stima dei parametri. Circa 40 cambiamenti rappresentano il numero minimo che possa permettere un'analisi accettabile, ovviamente più cambiamenti presentano un maggior numero di informazioni e permettono l'analisi di modelli più complessi. Il numero di cambiamenti non deve però essere troppo elevato tra una panel wave e l'altra poiché porterebbe a porsi delle questioni sull'effettiva bontà della propria scelta riguardo la dimensione temporale tra una panel wave e l'altra.

Gli sviluppi futuri di questo studio, o di altri di argomento inerente, devono quindi tener conto nella costruzione del proprio modello di tutti questi requisiti minimi dal punto di vista dei dati, oltre alla coerenza del proprio modello con gli assunti di base del modello stocastico per le dinamiche di rete basate sugli attori. Nel nostro caso, ad esempio, l'unica via possibile dato il numero relativamente basso di attori presente nella rete sembrerebbe quello di utilizzare le reti delle partite 15 minuti per 15 minuti, in modo di avere un numero accettabile di panel waves in relazione al numero di nodi della rete; questo però pone il problema della quantificazione e dell'analisi del numero di cambiamenti tra le diverse osservazioni per determinare se esse sono sufficienti per l'utilizzo dei modelli e la stima dei parametri. Una volta fatto ciò è possibile passare all'utilizzo vero e proprio del modello ed alle decisioni relative alla funzione obiettivo, alle funzioni degli effetti da utilizzare ed alla stima dei parametri statistici per gli effetti. Tutto ciò potrà essere fatto, come anche indicato da Snijders, tramite l'utilizzo di un particolare software chiamato Siena ("Simulation Investigation for Empirical Network Analysis") alla cui realizzazione ha partecipato lo stesso Snijders e che può essere reperito in rete gratuitamente alla pagina <http://www.stats.ox.ac.uk/siena/>.

Conclusioni

In queste pagine abbiamo introdotto il concetto di resilienza, mostrando come possa avere due accezioni totalmente diverse a seconda di come si presenta la situazione da studiare. In caso di grandi infrastrutture la resilienza è innanzitutto robustezza, ed essa dipende principalmente da alcuni attributi strutturali della rete e dalla sua topologia. Nel caso invece ci si trova a trattare delle reti che rappresentano relazioni tra risorse umane la resilienza viene invece trattata come la capacità dell'organizzazione, i cui rapporti tra risorse umane si stanno indagando, di resistere agli stress operando un cambiamento strutturale pur mantenendo la propria identità di organizzazione e le proprie funzioni di base.

In questa direzione si è svolta l'analisi del nostro caso di studio, analizzato dal momento della sua scelta fino alla costruzione del modello ed alla sua effettiva analisi. Abbiamo potuto apprezzare come nello svolgimento della competizione della Champions League edizione 2009/2010 la squadra dell'Inter abbia dovuto rispondere alle proprie difficoltà cambiando il proprio modulo di gioco, nonostante ciò la squadra è stata in grado, a fronte di un forte punto di rottura, di mantenere intatta la propria identità e parte delle funzioni base della propria organizzazione di gioco.

Infine abbiamo visto come possa essere interessante, per uno sviluppo futuro di questo lavoro, l'applicazione di un modello stocastico per la dinamica delle reti basato sugli attori al fine di individuare, nella formazione delle reti, delle specifiche tendenze alla resilienza. Una volta analizzati gli assunti ed i requisiti di base richiesti da questo tipo di modello, abbiamo individuato

quelle che possono essere le possibili criticità nella sua applicazione e come, in un futuro sviluppo di questo lavoro, si possa rispondere alle criticità individuate al fine di applicare questo tipo di modello al nostro caso di studio o a casi di studio affini.

Bibliografia

- [1] Liu XF, Xu X-K, Small M, Tse CK. 2011. Attack Resilience of the Evolving Scientific Collaboration Network. PLoS ONE 6(10): e26271.
- [2] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, D.-U. Hwang. 2006. Complex networks: Structure and dynamics. Physics Report volume 424, pages 175-308.
- [3] Cynthia A. Lengnick-Hall, Tammy E. Beck, Mark L. Lengnick-Hall. 2011. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. Humans Resource Management Review volume 21, Pages 243–255
- [4] Walker, B. H., J. M. Anderies, A. P. Kinzig, and P. Ryan. 2006. Exploring resilience in social-ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue. Ecology and Society 11(1): 12.
- [5] Olaf N. Rank. 2008. Formal structures and informal networks: Structural analysis in organizations. Scandinavian Journal of Management volume 24, pages 145-161.
- [6] Coleen Vogel, Susanne C. Moser, Roger E. Kasperson, Geoffrey D. Dabelko. 2007. Linking vulnerability, adaptation, and resilience science to practice: Pathways, players, and partnerships. Global Environmental Change volume 17, pages 349–364.

- [7] Duncan S. Callaway, M. E. J. Newman, Steven H. Strogatz, Duncan J. Watts. 2000. Network Robustness and Fragility: Percolation on Random Graphs. *Physical Review Letters* volume 85, number 25.
- [8] Newman, L. L., and A. Dale. 2005. Network structure, diversity, and proactive resilience building: a response to Tompkins and Adger. *Ecology and Society* 10(1): r2.
- [9] J. Ash, D. Newth. 2007. Optimizing complex networks for resilience against cascading failure. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* volume 380, pages 673-683.
- [10] A. Gutfraind. 2010. Optimizing Topological Cascade Resilience Based on the Structure of Terrorist Networks. *PLoS ONE* 5(11): e13448.
- [11] J. Kratzer, Hans G. Gemuenden, Christopher Lettl. 2008. Revealing dynamics and consequences of fit and misfit between formal and informal networks in multi-institutional product development collaborations. *Research Policy* volume 37, Pages 1356–1370.
- [12] Gunnar W. Klau, René Weiskircher. 2005. Robustness and resilience. *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3418, pages 417-437.
- [13] Jianxi Gao, Sergey V. Buldyrev, Shlomo Havlin, H. Eugene Stanley. 2011. Robustness of a Network of Networks. *Physical Review Letters* volume 107.
- [14] M. E. J. Newman. 2003. The Structure and Function of Complex Networks. *Siam Review* volume 45, pages 167-256.
- [15] Reuven Cohen, Keren Erez, Daniel ben-Avraham, Shlomo Havlin. 200. Resilience of the Internet to random breakdowns. *Physical Review Letters* volume 85, pages 4626-4628.

- [16] P. Crucitti, V. Latora, M. Marchiori, A. Rapisarda. 2003. Efficiency of scale-free networks: error and attack tolerance. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, volume 320.
- [17] R. Albert, H. Jeong, A.-L. Barabasi. 2000. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, volume 406, pages 378-382.
- [18] A.E. Motter, Y. Lai. 2002. Cascade-based attacks on complex networks. *Physical Review E*, volume 66, 065102(R).
- [19] A.E. Motter. 2004. Cascade control and defense in complex networks. *Physical Review Letters*, volume 93, 098701.
- [20] K. E. Weick. 1993. The collapse of sensemaking in organizations: the Mann Gulch disaster. *Administrative Science Quarterly*, 38, 4, page 628.
- [21] K. Park, A. Yilmaz. 2010. Social Network approach to analysis of soccer game. 2010 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pages 3935-3938.
- [22] T.A.B. Snijders, G.G. van de Bunt, C.E.G. Steglich. 2010. Introduction to stochastic actor-based models for networks dynamics. *Social Networks*, volume 32, issue 1, pages 44-60.
- [23] Second turn: structure for resilience, <http://www.shrinkonia.com/second-turn-structure-for-resilience-928.html>
- [24] The defensibility of network structures, <http://cdixon.posterous.com/the-defensibility-of-network-structures>
- [25] Resilience Alliance, <http://www.resalliance.org/>

Ringraziamenti

I ringraziamenti non saranno numerosi, ma sono sentiti e vengono dal profondo del mio cuore.

Devo ringraziare innanzitutto la mia famiglia. I miei genitori, che hanno avuto una pazienza infinita e senza i quali tuttò ciò non sarebbe mai stato possibile; i miei fratelli che mi hanno sempre sostenuto ed appoggiato in questa mia avventura; i miei nonni che...beh...sono i nonni!

Un secondo, più che doveroso ringraziamento, va ad i miei amici, va a Luigi, Sergio, Bob, Fabbio e tutti gli altri. In questi anni ho vissuto momenti a volte davvero difficili, ma sia che le cose andassero bene e soprattutto quando avevo bisogno di aiuto loro sono sempre stati presenti, coi loro sorrisi e le loro prese per il culo, senza mai abbandonarmi un secondo.

Infine un doveroso grazie va a tutta l'organizzazione di questa università, che mi ha sempre fatto sentire in qualche modo a casa, ed al mio relatore, Marco Ruffino, che ha rappresentato una figura di riferimento durante tutta la mia carriera universitaria a Bologna.